ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 27 février 1919, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Daniel Berthelot** pour occuper, dans la Section de Physique générale, la place vacante par le décès de M. *E.-H. Amagat*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Daniel Berthelot** prend place parmi ses Confrères.

ASTRONOMIE. — *Sur l'étude des perturbations de l'axe optique d'une lunette méridienne en direction.* Note (¹) de M. **Maurice Hamy**.

La théorie de la lunette méridienne s'établit en admettant que l'instrument est un solide invariable, tournant autour d'un axe fixe, à très peu près orienté perpendiculairement au méridien du lieu. Si les tourillons présentent des irrégularités et si, de plus, la lunette est affectée de flexion latérale, par suite d'une résistance inégale des bras formant l'axe de rotation, la détermination de corrections s'impose, pour tenir compte des erreurs commises en appliquant la formule de réduction ordinaire des observations de passages.

(¹) Séance du 21 février 1919.

Cette question, qui a fait l'objet de recherches de plusieurs astronomes [1] et dont je me suis occupé moi-même à diverses reprises, n'a encore jamais été traitée d'une façon complète et absolument satisfaisante. C'est ce qui m'engage à faire connaître le principe d'une méthode fournissant la valeur globale des erreurs imputables aux imperfections de l'instrument qui viennent d'être signalées. Cette méthode est caractérisée par le fait qu'elle s'applique, sans exiger la fixation d'aucune pièce additionnelle à la lunette méridienne, dont l'équilibre élastique est ainsi rigoureusement sauvegardé. En conséquence, l'étude de l'instrument se poursuit, dans les conditions mêmes où on l'utilise dans les observations astronomiques.

Le dispositif donnant la solution du problème est fondé sur une propriété fondamentale des prismes à double réflexion.

Étant donné un pareil prisme ABCD (*fig.* 1) et un faisceau de lumière

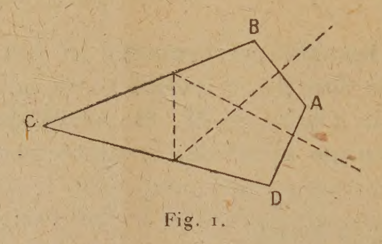


Fig. 1.

parallèle, rentrant par la face AB et sortant par la face AD, après s'être réfléchi deux fois à l'intérieur, l'angle des directions des rayons incident et émergent reste rigoureusement constant, quand on fait pivoter le prisme autour d'un axe parallèle à ses arêtes. Tel est le point essentiel sur lequel nous allons nous appuyer dans ce qui va suivre.

Dispositif instrumental. — Un collimateur C (*fig.* 2), au foyer duquel est disposé un petit trou éclairé *o*, est installé de façon que son axe optique coïncide à peu près avec l'axe de rotation de la lunette. Un premier prisme à double réflexion, placé en A, renvoie les rayons du collimateur dans la direction AB. En B, un second prisme à double réflexion dévie les rayons de façon à les renvoyer dans la lunette méridienne. Les deux prismes sont d'ailleurs montés sur un même bras, indépendant de l'instrument et pouvant tourner sensiblement autour de l'axe optique du collimateur, de façon que

(1) Yvon Villarceau, Winecke.

le système puisse être rapidement mis en position, quelle que soit la direction donnée à la lunette méridienne. Il n'est, du reste, nullement nécessaire de chercher à les installer d'une façon absolument stable, sur cette pièce, en raison de leur propriété de posséder une déviation invariable [1].

On pointe, avec le fil mobile du micromètre T de la lunette, l'image de l'ouverture *o* qui se forme dans le plan focal. Les corrections à apporter aux

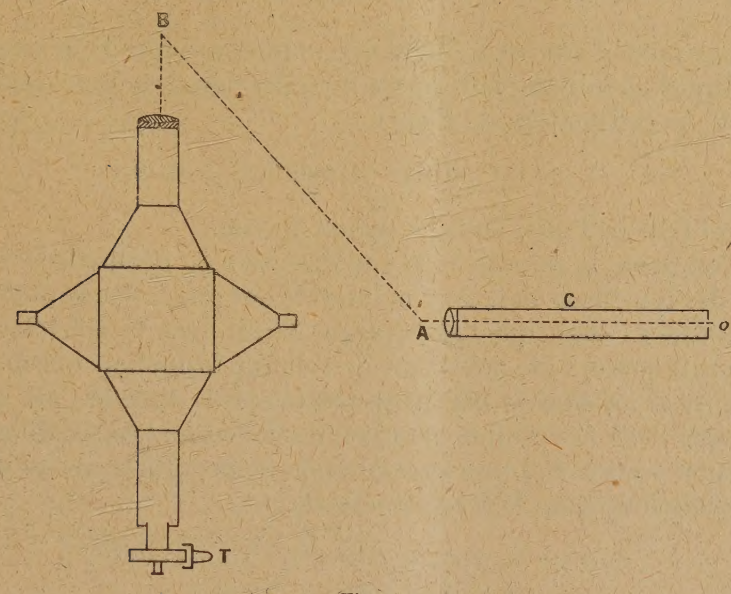


Fig. 2.

résultats, fournis par la formule ordinaire de réduction des observations de passages, se déduisent immédiatement des lectures faites, sur le tambour micrométrique. C'est ce que nous nous proposons d'expliquer ci-dessous.

La lunette étant placée dans une certaine orientation initiale, définie par la déclinaison $\mathcal{D}_0$, à cette orientation correspond un axe de rotation instantané, une collimation c_0 et deux autres constantes instrumentales n_0 et m_0.

Appelant V_0 la lecture inconnue à laquelle il faut placer le tambour micrométrique, pour que le fil mobile passe par le point où l'axe optique,

---

(1) Pratiquement, il pourra y avoir avantage à substituer aux deux prismes en question trois prismes, déviant chacun les rayons de 90°, dont la construction est courante.

perpendiculaire à l'axe de rotation instantané, perce le plan du micromètre; désignant d'autre part par V la lecture connue à laquelle il faut placer le tambour micrométrique, pour mettre le fil mobile à l'endroit du champ où l'on veut faire une observation ; la collimation c_0 de ce fil, dans la direction initiale de la lunette, a pour expression, si la tête de vis est à l'ouest du micromètre,

$$(1) \qquad c_0 = k(\mathrm{V} - \mathrm{V}_0) \qquad (k \text{ tour de vis du micromètre}).$$

Sa valeur numérique est d'ailleurs inconnue, puisque V_0 n'est pas connu. Dans la direction initiale, la formule de réduction des observations de passages au fil de collimation c_0, s'écrit

$$\mathcal{A} = t + \mathrm{C}_p + m_0 + n_0 \operatorname{tang} \mathcal{D}_0 + c_0 \sec \mathcal{D}_0,$$

abstraction faite de l'effet de l'aberration diurne.

Quand on place la lunette dans une direction de déclinaison $\mathcal{D}$, les irrégularités des tourillons et la flexion latérale ont pour effet de modifier d'une petite quantité ε l'angle que l'axe optique ferait avec le méridien, si l'instrument avait conservé le même axe de rotation instantané que dans l'orientation $\mathcal{D}_0$ et si la flexion n'avait pas déformé la lunette. On peut donc supposer que l'axe de rotation et la lunette demeurent invariables, à condition d'ajouter $\varepsilon \sec \mathcal{D}$ au second membre de la formule écrite ci-dessus. On a, en conséquence, pour la seconde orientation,

$$(2) \qquad \mathcal{A} = t + \mathrm{C}_p + m_0 + n_0 \operatorname{tang} \mathcal{D}_0 + (c_0 + \varepsilon) \sec \mathcal{D},$$

ε étant à déterminer ainsi que m_0, n_0, c_0. Il résulte de là que l'axe optique défini par la lecture V, lorsque la lunette possède la déclinaison $\mathcal{D}$, est incliné sur le méridien d'un angle égal à

$$(3) \qquad f = m_0 \cos \mathcal{D} + n_0 \sin \mathcal{D} + c_0 + \varepsilon.$$

Nous allons d'abord nous occuper de déterminer ε en observant, au foyer de la lunette méridienne, l'image de l'ouverture o, fournie par le collimateur C (*fig.* 2) et les prismes à double réflexion.

Si nous admettons qu'à l'époque de cette observation, les constantes de la lunette méridienne, pour la déclinaison $\mathcal{D}_0$, sont μ_0, ν_0, $\gamma_0 = k(v - v_0)$, l'inclinaison de l'axe optique sur le méridien, correspondant à la lecture v du micromètre et à la déclinaison $\mathcal{D}$ de la lunette, a pour valeur

$$(4) \qquad \psi = \mu_0 \cos \mathcal{D} + \nu_0 \sin \mathcal{D} + \gamma_0 + \varepsilon,$$

dont la valeur pour $\mathrm{D} = \mathrm{D}_0$ se réduit à

$$(5)\qquad \psi_0 = \mu_0 \cos \mathrm{D}_0 + \nu_0 \sin \mathrm{D}_0 + \gamma_0,$$

puisque ε est alors nul par hypothèse. Ces formules nous serviront dans un instant.

Les rayons lumineux, tels qu'ils émergent du collimateur C (*fig.* 2), ne sont pas exactement perpendiculaires au méridien. Il convient de chercher la valeur de l'angle de la normale p au méridien, avec la projection des rayons issus du collimateur, sur le plan P, parallèle à la normale p et à l'axe optique de la lunette, orientée dans la déclinaison D. Figurons sur la sphère trigonométrique (*fig.* 3) : la trace X de la normale p; le plan de

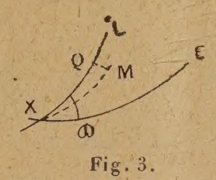


Fig. 3.

l'équateur XE; le plan P représenté par l'arc XL; enfin le point M où la parallèle aux rayons issus du collimateur, menée par le centre, perce la sphère, sa position étant définie par les paramètres constants $XM = \varphi$ et $MXE = \omega$. Abaissant l'arc de grand cercle MQ perpendiculaire sur XL, on a, dans le triangle rectangle XMQ,

$$\operatorname{tang} XQ = \operatorname{tang}\varphi \cos(\mathrm{D} - \omega),$$

ou, en raison de la petitesse de XQ et φ,

$$(6)\qquad \xi = XQ = \varphi \cos(\mathrm{D} - \omega) = a \cos \mathrm{D} + b \sin \mathrm{D},$$

en désignant par a et b deux constantes. Telle est la valeur ξ de l'angle cherché que nous désignerons par ξ_0 pour $\mathrm{D} = \mathrm{D}_0$.

Cela posé, figurons dans le plan P (*fig.* 4) le point nodal N d'émergence de l'objectif. La normale p, considérée après réflexions à l'intérieur des deux prismes, disposés en A et B (*fig.* 2), prend une certaine orientation dans le plan P. Menons la parallèle NS à cette direction. Elle fait un angle constant ζ avec la trace NM du méridien, sur le plan P, quelle que soit la déclinaison D. Cette propriété est une conséquence immédiate de ce que le système des deux prismes fait dévier une direction d'un angle constant,

même s'ils ne sont pas montés de façon absolument stable, comme on l'a expliqué en commençant.

En vertu de la formule (6), après avoir traversé le système des prismes, les rayons issus du collimateur font l'angle ξ avec NS; leur foyer se formera donc en I. Enfin, l'axe optique, correspondant à la lecture v de la tête de vis

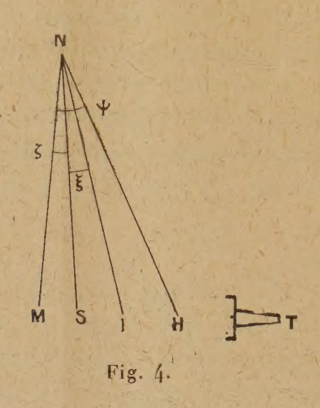


Fig. 4.

du micromètre, est incliné sur le méridien d'un angle égal à ψ [form. (4)]. Si l'on désigne par l la lecture du tambour micrométrique, quand on amène le fil mobile à bissecter l'image I, on a, d'après la figure,

$$\text{(7)} \qquad \text{INH} = \psi - \zeta - \xi = k(v - l).$$

Si maintenant on place la lunette, dans l'orientation $\mathfrak{O}_0$, ψ se change en ψ_0 [form. (5)], ζ reste constant, ξ se change en ξ_0, l se change en l_0, en sorte que la distance angulaire de l'image I_0, correspondante de I, à l'axe optique, défini par la lecture v, a pour expression

$$\text{(8)} \qquad \psi_0 - \zeta - \xi_0 = k(v - l_0).$$

Retranchant l'équation (8) de l'équation (7), il vient

$$\psi - \psi_0 + \xi_0 - \xi = k(l_0 - l);$$

d'où, d'après les relations (5) et (6),

$$\text{(9)} \qquad \varepsilon = k(l_0 - l) - (\mu_0 - a)(\cos\mathfrak{O} - \cos\mathfrak{O}_0) - (\nu_0 - b)(\sin\mathfrak{O} - \sin\mathfrak{O}_0).$$

Portant cette valeur de ε dans l'équation (2), elle devient, en tenant compte de la relation (1),

$$\text{(10)} \qquad \mathcal{A} = t + Cp + m + n \operatorname{tang}\mathfrak{O} + k(V - U_0)\operatorname{séc}\mathfrak{O} - kl \operatorname{séc}\mathfrak{O},$$

en faisant

$$m = m_0 + a - \mu_0,$$
$$n = n_0 + b - \nu_0,$$
$$U_0 = V_0 + \frac{1}{k}[(a - \mu_0)\cos\Phi_0 + (b - \nu_0)\sin\Phi_0] - l_0,$$

m, n, U_0 désignant trois nouvelles constantes, faciles à déterminer par l'observation, comme nous l'indiquerons dans une prochaine Communication. Dans ce but, il convient de remarquer que l'inclinaison, sur le méridien, de l'axe optique défini par la lecture V, a pour valeur, d'après l'équation (10),

(11) $$f = m\cos\Phi + n\sin\Phi + k(V - U_0) - kl.$$

MÉCANIQUE. — *États successifs d'un gaz à haute pression dans un récipient qui se vide par une tuyère.* Note de M. A. **Rateau**.

Au cours d'expériences sur des pièces d'artillerie, j'ai dû étudier comment un canon se vide du gaz qu'il contient, immédiatement après que le projectile en est sorti. Réserve faite des circonstances particulières qui, dans ce cas spécial, compliquent les choses, le problème qui se pose sous forme générale, et que je vais résoudre dans cette Note, est le suivant :

Un réservoir de capacité U *renferme un poids* ϖ_0 *de gaz à la pression* p_0 *et à la température* T_0 ; *ce gaz s'écoule dans l'atmosphère* ($p_a = 1$ kg : cm^2) *par une tuyère de section* S *au col; calculer, en supposant que la détente se fasse adiabatiquement dans le réservoir et dans la tuyère, le poids* ϖ *de gaz restant dans le réservoir au bout du temps* t, *ainsi que sa pression* p *et sa température* T.

Je reprendrai les notations déjà indiquées dans ma Communication du 17 février, et, comme il s'agit, en l'espèce, de gaz très chauds, j'adopterai $\gamma = 1,25$ pour rapport des chaleurs spécifiques du gaz pendant tout l'écoulement. Mais je laisserai subsister le symbole γ le plus longtemps possible dans les termes principaux des formules. Ce n'est que dans les termes correctifs que, pour ne pas avoir à écrire des formules compliquées et confuses, je donnerai, dès le début, à γ la valeur particulière 1,25, et au covolume la valeur 0,95.

Si l'on néglige le covolume, ainsi que l'avait fait Hugoniot dans sa Communication du 22 novembre 1886 ([1]), le calcul est simple. Avec le covolume, je le conduirai de manière à obtenir des expressions approximatives presque aussi simples, quoique serrant la vérité de très près.

Dans ma Note précédente ([2]), j'ai obtenu pour expression du débit en poids I du gaz par la tuyère, en limitant le développement au terme du second ordre,

$$\text{(1)} \qquad I = aS\sqrt{g\frac{p}{u}}(1 + 0,276\varepsilon - 0,134\varepsilon^2),$$

où

$$a = \sqrt{\gamma}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} = 0,658 \qquad (\text{pour } \gamma = 1,25),$$

et où ε est le covolume relatif $\frac{\alpha}{u-\alpha}$.

Incorporons g au coefficient a, et, pour cela, précisons les unités.

Nous exprimerons I en kg : s, S en dm², p en kg : cm², u en dm³ : kg. Dans ces conditions, le coefficient est

$$b = a\sqrt{98,1}\sqrt{100} = 65,2$$

et

$$\text{(2)} \qquad I = bS\sqrt{\frac{p}{u}}(1 + 0,276\varepsilon - 0,134\varepsilon^2).$$

Le poids $d\varpi$ du gaz qui sort du réservoir dans le temps dt est $I\,dt$; mais c'est aussi $-d\frac{U}{u} = U\frac{du}{u^2}$.

On a donc

$$\text{(3)} \qquad I\,dt = U\frac{du}{u^2}.$$

D'autre part, la détente adiabatique exige que

$$\text{(4)} \qquad p(u-\alpha)^\gamma = p_0(u_0-\alpha)^\gamma = A.$$

Négligeons, dans une première approximation, le covolume; des relations précédentes nous tirons

$$\text{(5)} \qquad \frac{bS\sqrt{A}}{U}dt = u^{\frac{-3+\gamma}{2}}du;$$

([1]) *Comptes rendus*, t. **103**, p. 1002.

([2]) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 330.

d'où

(6) $$u = u_0\left(1 + \frac{t}{\theta}\right)^{\frac{2}{\gamma-1}},$$

en posant

(7) $$\theta = \frac{2}{\gamma - 1}\,\frac{U}{bs}(p_0 u_0)^{-\frac{1}{2}} = \frac{0,1227}{\sqrt{p_0 u_0}}\,\frac{U}{S} \qquad (\text{pour } \gamma = 1,25);$$

et ensuite

(8) $$p = p_0\left(1 + \frac{t}{\theta}\right)^{-\frac{2\gamma}{\gamma-1}},$$

(9) $$T = T_0\left(1 + \frac{t}{\theta}\right)^{-2},$$

(10) $$\varpi = \varpi_0\left(1 + \frac{t}{\theta}\right)^{-\frac{2}{\gamma-1}}.$$

Ces formules ne sont applicables que tant que la pression dans le réservoir reste supérieure à 1,8 kg : cm² (pour $\gamma = 1,25$). Après cela, la loi de l'écoulement change. Mais cette deuxième phase est sans intérêt pour nous qui supposons une pression initiale très forte, de l'ordre de plusieurs centaines d'atmosphères. En admettant que la même loi d'écoulement se continue jusqu'à ce que la pression dans le réservoir tombe à celle de l'atmosphère, nous avons pour durée totale, fictive, de l'écoulement, d'après (8),

(11) $$\tau = \theta\left(p_0^{-\frac{\gamma-1}{2\gamma}} - 1\right) = \theta(p_0^{-0,1} - 1) \qquad (\text{pour } \gamma = 1,25).$$

Maintenant tenons compte du covolume; et, pour faciliter l'intégration, substituons dans les développements en série $\frac{\alpha}{u}$ à ε qui est égal à $\frac{\alpha}{u} + \frac{\alpha^2}{u^2}\cdots$, et remplaçons α par 0,95. La relation différentielle (3) devient

(12) $$\frac{bS\sqrt{A}}{U}\,dt = u^{-\frac{3+\gamma}{2}}\left(1 - \frac{0,856}{u} - \frac{0,020}{u^2}\right)du.$$

L'intégrale indéfinie du second membre est, en faisant $\gamma = 1,25$ dans le développement en série,

$$\frac{2}{\gamma - 1}\,u^{\frac{\gamma-1}{2}}\left(1 + \frac{0,1223}{u} + \frac{0,0013}{u^2}\right),$$

qui, pour $\frac{\gamma - 1}{2} = \frac{1}{8}$, peut s'écrire

$$8\left(u + 0{,}978 + \frac{0{,}42}{u}\right)^{\frac{1}{8}};$$

u étant généralement supérieur à 10, la parenthèse est très voisine de $u + 1$; nous avons donc, avec une bonne approximation,

$$(13) \qquad \frac{bS\sqrt{A}}{U} t = 8(u + 1)^{\frac{1}{8}} - 8(u_0 + 1)^{\frac{1}{8}}.$$

D'où

$$(14) \qquad u + 1 = (u_0 + 1)\left(1 + \frac{t}{\theta_\alpha}\right)^8;$$

avec

$$(15) \qquad \theta_\alpha = \frac{2}{\gamma - 1} \frac{U}{bS} \sqrt{\frac{(u_0 + 1)^{\gamma - 1}}{p_0(u_0 - \alpha)^\gamma}},$$

ou, pour $\gamma = 1{,}25$,

$$(15') \qquad \theta_\alpha = \frac{0{,}1227}{\sqrt{p_0 u_0}} \frac{U}{S}\left(1 + \frac{0{,}718}{u_0} + \frac{0{,}48}{u_0^2}\right) = \theta\left(1 + \frac{0{,}718}{u_0} + \frac{0{,}48}{u_0^2}\right).$$

La relation (14) résout entièrement le problème, car, ayant calculé le volume spécifique u, on en déduit le poids ϖ de gaz restant par $\varpi = \frac{U}{u}$, ensuite la pression p par la relation de détente (4), et enfin la température T par cette autre forme de la relation de détente

$$T = T_0\left(\frac{u_0 - \alpha}{u - \alpha}\right)^{\gamma - 1}.$$

En particulier, la durée totale fictive τ_α de l'écoulement s'obtient en donnant à p la valeur 1, d'où

$$u = \alpha + (u_0 - \alpha) p_0^{0,8},$$

et en portant cette valeur de u dans (15), qui devient

$$(16) \qquad 1 + \frac{\tau_\alpha}{\theta_\alpha} = p_0^{0,1}\left[1 - \frac{0{,}244}{u_0}(1 - p_0^{-0,8})\right],$$

relation où l'on peut en général négliger $p_0^{-0,8}$ vis-à-vis de l'unité.

Pour avoir une idée nette du changement que le covolume apporte à

l'allure de l'écoulement, prenons un exemple ; c'est celui d'un canon de 75^{mm}, en projet,

$$p_0 = 400 \text{ kg : cm}^2, \quad \mu_0 = 14,25 \text{ dm}^3 : \text{kg};$$

$$U = 17^{dm^3},1; \quad S = 0^{dm^2},442; \quad \frac{U}{S} = 38^{dm},68.$$

Dans ces conditions déterminées, nous calculons, par les formules ci-dessus :

$$\theta = 0'',0629; \qquad \theta_\alpha = 1,0528\,\theta = 0'',0662;$$

$$\tau = 0,8206\,\theta = 0'',0516; \qquad \tau_\alpha = 0,7896\,\theta_\alpha = 0'',0522.$$

Nous voyons ainsi que l'influence du covolume a pour effet d'allonger de 1,2 pour 100 la durée totale de vidage du canon.

Si nous traçons les courbes de pression du gaz dans le canon, en fonction du temps : 1° en négligeant le covolume; 2° en tenant compte du covolume, nous constatons que la seconde se place au début de l'écoulement notablement au-dessous de la première, qu'elle la recoupe au temps $t = 0'',03$, pour se tenir ensuite un peu au-dessus.

L'écart entre les deux courbes est maximum vers $t = 0'',0035$. Il atteint 7,7 kg : cm², ce qui n'est pas négligeable.

Le Tableau ci-après donne, dans la deuxième ligne, les valeurs de la pression dans le réservoir en kg : cm², dans l'hypothèse des gaz parfaits, et, dans la troisième, les valeurs de cette pression pour le gaz réel, en tenant compte du covolume, pour les temps indiqués, dans la première ligne, en millièmes de seconde :

t (milli-secondes)	0.	2.	5.	10.	20.	30.	40.
p (kg : cm²)	400	292,46	186,17	91,48	25,28	8,096	2,912
p_α (kg : cm²)	400	285,93	178,58	87,03	24,06	8,092	2,997

ÉLECTRO-MÉCANIQUE. — *Oscillations libres des alternateurs sur réseau à tension constante.* Note de M. **André Blondel.**

La solution à laquelle on arrive [1], en profitant du fait que la variation de rI pendant les oscillations est négligeable par rapport au

---

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 376. Les mêmes notations sont conservées ici. Dans les formules (6) et (8), à la page 377, il vaut mieux lire $\frac{\partial}{\partial \omega}$ au lieu de $\frac{\partial}{\partial \varepsilon}$ pour l'uniformité des notations.

vecteur $[\overline{\mathrm{U}} + \overline{r\mathrm{I}}]$ quand I est constant, permet de déterminer les conditions de résonance, c'est-à-dire la valeur de K ou de ε qui rendent minimum le vecteur $\overline{\Delta}$ [1]; mais l'ε ainsi obtenu n'indique pas forcément la fréquence d'oscillation propre.

On remarquera aussi que la projection de $\overline{\Delta}$ sur l'horizontale représente une pseudo-puissance, car elle ne produit ni ne consomme aucun travail; la projection verticale est, au contraire, une puissance. Le vecteur $\overline{\Delta}$ étant égal à la racine carrée des deux composantes, son signe importe peu, et l'on ne peut donc en déduire rien de certain au sujet de la constance des oscillations.

Pour rechercher si les oscillations peuvent prendre une amplitude croissante, il convient d'abord d'étudier les oscillations libres du système.

A cet effet, nous remplacerons l'opérateur vectoriel $\overline{\mathfrak{Y}}$ appliqué à la puissance par un opérateur algébrique

$$\mathfrak{Y} = \theta \frac{\partial}{\partial \zeta} + \frac{d\theta}{dt} \frac{\partial}{\partial \omega};$$

Cet opérateur appliqué à la puissance donne

$$(1) \qquad \mathfrak{Y}(\mathrm{P}) = \frac{\partial}{\partial \zeta}\theta + \frac{\partial \mathrm{P}}{\partial \omega}\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\omega}{p}\left(\mathrm{C}\theta + a\frac{d\theta}{dt}\right).$$

L'équation des oscillations devient

$$(2) \qquad \frac{\omega}{p^2}\mathrm{K}\frac{d^2\theta}{dt^2} + \mathfrak{Y}(\mathrm{P}) = \frac{\omega}{p}\Gamma_n \sin(n\Omega t + \eta_n).$$

L'application de l'opérateur $\mathfrak{Y}$ aux différentes variables donne, d'autre part,

$$(3) \qquad \begin{cases} \mathfrak{Y}(\mathrm{UI}) = \mathrm{I}\mathfrak{Y}(\mathrm{U}) + \mathrm{U}\mathfrak{Y}(\mathrm{I}); & \mathfrak{Y}(\omega) = \dfrac{d\theta}{dt}; \\ \mathfrak{Y}(\omega\mathrm{I}) = \omega\mathfrak{Y}(\mathrm{I}) + \mathrm{I}\dfrac{d\theta}{dt}, & \mathfrak{Y}\left(\dfrac{d\mathrm{I}}{dt}\right) \equiv \dfrac{d}{dt}\mathfrak{Y}(\mathrm{I}), \text{ au deuxième ordre près;} \end{cases}$$

$$(4) \qquad \mathfrak{Y}(\mathrm{U}_t) = -\mathrm{U}_d\theta; \quad \mathfrak{Y}(\mathrm{U}_d) = -\mathrm{U}_t\theta.$$

---

[1] Si l'on cherche le minimum de $\overline{\Delta}$ en fonction de la fréquence, on est conduit à une équation du sixième degré en ε (ou du troisième en ε^2); on trouve plus facilement la valeur réelle unique de $\overline{\Delta}$ par des tâtonnements graphiques sur l'épure circulaire de la page 380.

Si l'on néglige les termes du second ordre (θ et r étant supposés du premier) et si l'on pose, pour simplifier,

$$(5) \qquad V_t = U_t + 2r\left(I_t + \frac{v}{q} U_t\right); \quad V_d = U_d + 2r\left(I_d + \frac{v}{q} U_d\right); \quad \frac{\omega}{p^2 q} K = K.$$

L'équation (2) devient :

$$(2\ bis) \qquad K' \frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{h}{\omega^2 q} E^2 \frac{d\theta}{dt} + H\theta + V_t \mathfrak{B}(I_t) + V_d \mathfrak{B}(I_d) = \frac{\omega}{p} \Gamma_n \sin(n\Omega t + \eta_n),$$

pour les équations libres ($\Gamma_n = 0$).

Nous calculons $\mathfrak{B}(I_t)$ et $\mathfrak{B}(I_d)$ en traitant par $\mathfrak{B}$ les deux équations de projection des forces électromotrices transversale et directe respectivement :

$$(6) \qquad r\mathfrak{B}(I_t) + L_d \mathfrak{B}(\omega I_d) + M_d \mathfrak{B}(\omega I_{md}) = -\mathfrak{B}(U_t) = U_d,$$

$$(7) \qquad -r\mathfrak{B}(I_d) + L_t \mathfrak{B}(\omega I_t) + M_t \mathfrak{B}(\omega I_{mt}) = \mathfrak{B}(U_d) = U_t.$$

Les courants des circuits inducteurs I_{mt} et I_{md} varient par la variation de la force magnétomotrice de l'induit suivant les deux axes, et par l'effet du compoundage, s'il y en a un.

Pour plus de généralité, le *degré de compoundage* sera caractérisé par des coefficients k_d et k_t. Par exemple, suivant l'axe direct, k_d varie entre $k_d = 0$ s'il n'y a pas de compoundage, et $k_d = 1$ s'il y a compoundage parfait. Pour conserver la plus grande symétrie, on admet des notations symétriques pour l'axe transversal, quoique généralement on n'ait pas de compoundage suivant cet axe ($k_t = 0$). Les forces électromotrices dans les circuits inducteurs donnent ainsi lieu à deux équations :

$$(8) \qquad R_{md} I_{md} + L_{md} \frac{d}{dt} I_{md} + M_d \frac{d}{dt} I_d = -B_d I_d = -k_d \frac{R_{md} L_d}{M_d} I_d,$$

$$(9) \qquad R_{mt} I_{mt} + L_{mt} \frac{d}{dt} I_{mt} + M_t \frac{d}{dt} I_t = -B_t I_t = -k_t \frac{R_{mt} L_t}{M_t} I_t.$$

On introduira les simplifications d'écriture :

$$(10) \qquad M_d^2 = (1 - \sigma_d) L_d L_{md}; \qquad M_t^2 = (1 - \sigma_t) L_t L_{mt};$$

$$(11) \qquad k'_d = 1 - k_d; \qquad k'_t = 1 - k_t.$$

On peut éliminer I_{md} entre (6) et (8), en tenant compte des relations (1) et (3) et des identités (12) définissant les forces électromotrices E_t et E_d

induites intérieures ([1]) :

$$(12)\quad \begin{cases} U_t\theta - (-L_tI_t + M_tI_{mt})\dfrac{d\theta}{dt} \equiv \theta U_t - E_d\dfrac{d\theta}{dt}, \\ U_d\theta - (-L_dI_d + M_dI_{md})\dfrac{d\theta}{dt} \equiv \theta U_d + E_t\dfrac{d\theta}{dt}. \end{cases}$$

L'équation (6) devient ainsi

$$(13)\quad 2\mathfrak{B}(I_t) + \omega L_d\mathfrak{B}(I_d) + \omega M_d\mathfrak{B}(I_{md}) = U_d\theta + E_t\frac{d\theta}{dt}.$$

L'élimination de I_{md} entre (8) et (13) donne l'équation (14) en d. L'équation (15) en t s'obtient par symétrie [sauf qu'il y a changement des signes de $rB(I)$ et de E].

$$(14)\quad + L_{md}E_t\frac{d^2\theta}{dt^2} + (L_{md}U_d + R_{md}E_t)\frac{d\theta}{dt} + R_{md}U_d\theta - k'_dR_{md}\omega L_dB(I_d) - \sigma_dL_{md}\omega L_d\frac{d}{dt}B(I_d) - r\left[R_{md}B(I_t) + L_{md}\frac{d}{dt}B(I_t)\right] = 0.$$

$$(15)\quad - L_{mt}E_d\frac{d^2\theta}{dt^2} + (L_{mt}U_t - R_{mt}E_d)\frac{d\theta}{dt} + R_{mt}U_t\theta - k'_tR_{mt}\omega L_tB(I_t) - \sigma_tL_{mt}\omega L_t\frac{d}{dt}B(I_t) + r\left[R_{mt}B(I_d) + L_{mt}\frac{d}{dt}B(I_d)\right] = 0.$$

La solution des trois équations différentielles (2 *bis*), (14) et (15) en θ, $\mathfrak{B}(I_t)\,\mathfrak{B}(I_d)$ s'obtient en posant ([2])

$$\theta = \Theta e^{xt};\qquad \mathfrak{B}(I_t) = J_te^{xt};\qquad \mathfrak{B}(I_d) = J_de^{xt};$$

x est une des racines de l'équation caractéristique déduite en éliminant les

---

([1]) Dans le cas ordinaire, $M_tI_{mt} = 0$ et $E_d = -L_tI_t$; c'est pourquoi nous avons mis le signe — en évidence devant E_d au second membre; $-(L_dI_d + M_dI_{md})$ est au contraire toujours positif, d'où le signe + devant E_t. S'il n'y a pas de self-induction intercalée entre l'alternateur et les barres de distribution, on peut, au second membre de (12) et suivantes, écrire $E_t = U_t + rI_t$, $E_d = U_d + rI_d$. Au contraire, si L_t et L_d comprennent une self extérieure λ (ce qui ne change rien à aucune des équations précédentes), on explicitera E_t et E_d par les valeurs : $E_t = U_t + rI_t + \omega\lambda I_d$; $E_d = U_d + rI_d - \omega\lambda I_t$.

([2]) En faisant la substitution $\frac{d\theta}{dt} = z$, on obtiendrait quatre équations différentielles canoniques du premier degré par rapport aux quatre inconnues.

constantes d'intégration Θ, J_t et J_d. En négligeant, comme on est en droit de le faire, les termes en r^2, cette solution s'écrit sous la forme (17), en posant les simplifications d'écriture

$$(16) \qquad m_d = \frac{R_{md}}{L_{md}}, \qquad m_t = \frac{R_{mt}}{L_{mt}};$$

$$(17) \qquad x^2 K' + \Pi + \frac{V_d}{\omega L_d} \frac{m_d + x}{k'_d m_d + \sigma_d x}(U_d + x E_t) + \frac{V_t}{\omega L_t} \frac{m_t + x}{k'_t m_t + \sigma_t x}(U_t - x E_d) + \left[\frac{r}{\omega^2 L_d L_t} \frac{(m_d + x)(m_t + x)}{(k'_d m_d + \sigma_d x)(k'_t m_t + \sigma_t x)} - \frac{h}{\omega^2 q}\right] x E^2 = 0.$$

Elle est du quatrième degré en x; l'écart angulaire de phase aura par conséquent pour intégrale complète (18); dans laquelle le dernier terme représente, sous une autre forme, la solution particulière de ma précédente Note,

$$(18) \qquad \theta = \Theta_1 e^{x_1 t} + \Theta_2 e^{x_2 t} + \Theta_3 e^{x_3 t} + \Theta_4 e^{x_4 t} + \overline{\theta}_{\max} \sin \varepsilon t.$$

Le régime sera oscillatoire s'il y a une paire (ou deux) de racines imaginaires conjuguées; et les oscillations ne resteront finies que si les racines complexes ont leur partie réelle également négative.

On peut facilement ordonner l'équation (17) par rapport aux puissances croissantes de x en chassant les dénominateurs, et l'on peut ainsi mettre en évidence les quatre coefficients des puissances de x et le terme tout connu.

Pour satisfaire à la dernière condition, il est nécessaire (mais pas suffisant) que le coefficient du terme en x^3 soit de signe opposé au coefficient de x^4.

On peut obtenir une autre série de conditions, non plus nécessaires, mais suffisantes, en formant l'équation aux sommes des racines, équation qui sera du sixième degré; dans cette équation tout couple de racines imaginaires de (17) donnera lieu à une racine réelle dont le signe indiquera celui de la partie réelle des racines complexes dont il provient. Il sera donc suffisant que cette équation nouvelle n'ait aucune racine réelle négative, et pour cela que tous les coefficients des puissances successives de la nouvelle inconnue $y = x_1 + x_2$ soient tous de même signe que le coefficient constant.

Bien que la formation et la discussion de cette équation en y ne présentent ancune difficulté particulière, elles sont laborieuses; le moyen le plus simple pour déterminer les régimes oscillatoires libres sera donc de substituer aux différentes constantes de l'équation (17) leur valeur numé-

rique et de chercher par des tâtonnements, d'ailleurs faciles, les deux racines réelles a et b qu'elle donnera ordinairement, puis de diviser le premier membre de (17) par $(x-a)(x-b)$.

THERMODYNAMIQUE. — *Application à huit substances différentes de la formule qui exprime la chaleur de vaporisation d'un liquide.* Note de **M. E. Ariès.**

Nous avons soumis au contrôle de l'expérimentation les chaleurs de vaporisation de huit substances différentes, calculées par la formule suivante dont la démonstration a été donnée dans notre précédente Note [1] :

$$(1)\qquad \frac{L}{RT}=(y_1-y_2)\left(\frac{2+n}{8}Z+\frac{n+1+\tau\dfrac{\partial}{\partial\tau}\log\Gamma}{y_1y_2}\right),$$

$$(2)\qquad =(y_1-y_2)\left(\frac{2+n}{8}Z+\frac{\tau\dfrac{\partial x}{\partial\tau}}{xy_1y_2}\right).$$

Ces corps, rangés dans l'ordre de leur atomicité, sont l'acide carbonique, l'ammoniac, le chlorure stannique, le formiate de méthyle, le pentane, l'hexane, l'heptane et l'octane. La tension de leur vapeur saturée a été de notre part l'objet d'une étude qui nous a conduit, pour le degré d'atomicité que chacun d'eux représente, à une expression de la fonction Γ aussi rapprochée qu'on peut le souhaiter dans l'état actuel de nos connaissances [2].

La température et la pression critiques, qui sont des données fondamentales, jointes à l'exposant n et à la fonction Γ, définissent, pour chaque température, non seulement la tension de vapeur saturée d'un corps, mais aussi, ce qui est assez remarquable, sa chaleur moléculaire de vaporisation L, sans qu'il y ait à faire intervenir aucun autre élément dans les calculs à effectuer sur la formule (1).

$R=1,985$ est la constante des gaz. En désignant par μ la molécule-gramme du corps, $\frac{L}{\mu}$ sera, en calories, sa chaleur de vaporisation, par gramme. C'est cette quantité, calculée par la formule (1) pour quelques températures, qui figure à la première colonne du Tableau ci-annexé. La

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 204.
(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 668, 802, 935, et t. 167, 1918, p. 118.

deuxième colonne donne les valeurs correspondantes obtenues par les méthodes expérimentales. Elles sont extraites du *Recueil des Constantes physiques* pour l'acide carbonique (Chappuis et Mathias, p. 326) et pour l'ammoniac (Schnerr et Strombeck, p. 325). Elles sont prises pour les autres corps dans l'important Mémoire que M. S. Young a publié en 1910 sur ses belles recherches concernant trente substances pures [1].

Si l'on tient compte des incertitudes qui pèsent encore sur les données expérimentales, notamment en ce qui concerne la pression critique, il faut bien reconnaître que la comparaison des deux valeurs correspondantes de la chaleur de vaporisation est aussi satisfaisante qu'on pouvait l'espérer dans une étude de première approximation. Cette comparaison est particulièrement intéressante pour les trois premiers corps. Il convient, d'ailleurs, de remarquer que, souvent, les valeurs indiquées à la dernière colonne du Tableau ne sont pas les résultats directs d'observations calorimétriques exécutées à la température considérée.

La dérivée du logarithme népérien de Γ entraîne à un calcul assez laborieux qu'on peut éviter par l'emploi de la formule (2), quand on connaît la tension de la vapeur saturée à la température considérée T et à deux températures suffisamment voisines T′ et T″ (T″ > T′), qui s'en écartent également. Dans ce cas, on peut remplacer avec une assez grande approximation $\tau \frac{\partial x}{\partial \tau}$ par $\mathrm{T}\frac{x''-x'}{\mathrm{T}''-\mathrm{T}'}$, x' et x'' étant les valeurs de x qui correspondent aux températures T′ et T″. Or ces valeurs s'obtiennent aisément par la formule $\Pi = \tau^{n+2}\frac{Z}{x}$ qui détermine $\frac{Z}{x}$ pour chacune des trois températures et, par conséquent, au moyen de la Table de Clausius, x' et x'' pour les températures T′, T″ et x, Z, y_1, y_2 pour la température T [2]. On connaît

(1) Sydney Young, *The vapour-pressures, specific volumes, heats of vaporisation, and critical constants of thirty pure substances* [*The Scientific proceedings of the Royal Dublin Society*, vol. 12 (N. S.), n° 31, june 1910, p. 414, 415, 416, 417, 428 et 430].

(2) y_1 (état de vapeur) est le double de ce que Clausius, dans sa Table, désigne par $\frac{W}{W_c}$, et y_2 (état liquide) le double de ce qu'il désigne par $\frac{w}{w_e}$; x et Z sont ce qu'il désigne respectivement par $\frac{\Theta}{\Theta_c}$ et $\frac{\Pi}{\Pi_c}$. Il est indispensable de compléter cette Table par une nouvelle colonne donnant $\frac{Z}{x}$, ce qui se fait rapidement par un calcul très simple. On la trouve dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 30, p. 451, et dans les *Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 619.

Acide carbonique.

$T_c = 304,35$; $P_c = 72^{atm},9$; $\mu = 44$; $n = \frac{4}{5}$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,88-\tau)}{0,40(\tau^2+1)}$$

Température centigrade.	Chaleur de vaporisation par gramme, calculée.	Chaleur de vaporisation par gramme, observée.
	Cal	Cal
0	55,82	56,25
10	47,18	47,60
20	35,78	35,00
30	11,88	11,00

Ammoniac.

$T_c = 405,3$; $P_c = 109^{atm},6$; $\mu = 17$; $n = \frac{5}{6}$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,84-\tau)}{1+\tau^2}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
−33,4	337,52	321,00
20	296,50	297,00

Chlorure stannique.

$T_c = 591,7$; $P_c = 2808^{cm}$; $\mu = 261$; $n = \frac{6}{7}$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,84-\tau)}{1,8(1-\tau)^2+0,90}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
150	28,47	28,35
220	23,12	22,82
280	16,02	15,60

Formiate de méthyle.

$T_c = 487$; $P_c = 4503^{cm}$; $\mu = 60$; $n = \frac{9}{10}$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,88-\tau)}{(1-\tau)^2+0,80}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
60	103,68	105,11
140	80,58	77,97
210	21,57	22,98

Pentane.

$T_c = 470,2$; $P_c = 2511^{cm}$; $\mu = 72$; $n = 1$

$$\Gamma = 1 + \frac{1-\tau}{4,6\tau^2+0,40}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
80	77,03	75,33
160	47,04	47,42
190	21,17	24,68

Hexane.

$T_c = 507,8$; $P_c = 2262^{cm}$; $\mu = 86$; $n = 1$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,90-\tau)}{1,5(1-\tau)^2+0,525}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
60	79,74	80,82
140	61,30	63,84
220	30,50	30,37

Heptane.

$T_c = 539,9$; $P_c = 2041^{cm}$; $\mu = 100$; $n = 1$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,84-\tau)}{1,17(1-\tau)^2+0,63}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
80	78,96	79,44
160	64,18	62,65
240	38,19	37,45

Octane.

$T_c = 569,2$; $P_c = 1873^{cm}$; $\mu = 114$; $n = 1$

$$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(0,80-\tau)}{2,25(1-\tau)^2+0,65}$$

Température centigrade.	Calculée.	Observée.
120	73,70	71,43
240	45,20	45,97
290	17,73	19,10

alors tous les facteurs figurant dans la formule à appliquer qui devient

$$(3) \qquad \frac{L}{RT} = (y_1 - y_2)\left(\frac{2+n}{8} Z + \frac{T}{T'' - T'} \frac{x'' - x'}{x y_1 y_2}\right).$$

Les vérifications de cette formule sont particulièrement commodes avec les données de M. S. Young (tensions de vapeur, chaleurs de vaporisation, etc.) qui sont échelonnées de dix en dix degrés, pour chacune des trente substances qu'il a étudiées. On peut très rapidement calculer la série des valeurs de $\frac{L}{RT}$ pour un même corps, en partant de la formule

$$\frac{Z}{x} = \frac{\Pi}{\tau^{n+2}} = \frac{T_c^{n+2}}{P_c} \frac{P}{T^{n+2}} = Q \frac{P}{T^{n+2}}.$$

Q est une constante à calculer une fois pour toutes, et qui se présente à chaque température pour laquelle la tension P est supposée connue. On obtient ainsi $\frac{Z}{x}$ et, par la Table de Clausius, sans calculs, x, Z, y_1 et y_2; il ne reste plus que des opérations arithmétiques très simples à effectuer sur la formule (3) dont tous les facteurs sont connus.

L'application de cette méthode donne $80^{cal},05$ pour la chaleur de vaporisation du formiate de méthyle à 140°. Cette valeur s'écarte un peu de celle que nous avons trouvée par l'emploi de la fonction Γ (80,58) pour se rapprocher légèrement de celle indiquée par M. S. Young (77,97).

L'acide carbonique est l'un des corps qui ont été soumis aux expériences les plus variées et les plus dignes de confiance. Amagat, qui ne se lassait pas de l'étudier, en a déterminé les tensions de vapeur saturée, de deux en deux degrés, depuis la température de la glace fondante jusqu'à celle de l'état critique [1]. Ce faible écartement des températures assure une grande exactitude au calcul de L par la formule (3). On trouve ainsi $47^{cal},72$ pour la chaleur de vaporisation de l'acide carbonique à 10° C. Cette valeur s'accorde d'une façon surprenante avec celle qui résulte des observations directes de M. Mathias (47,60).

M. A. Laveran présente le Tome XI du *Bulletin de la Société de pathologie exotique*.

---

[1] *Recueil des constantes*, p. 286.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation d'un Membre de la Section d'Economie rurale qui devra occuper, dans la 1re Section de la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, la place vacante par le décès de M. *Th. Schlœsing* père.

M. **Th. Schlœsing** fils réunit la majorité absolue des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Backlund*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 41,

M. Louis Fabry	obtient	35	suffrages
M. Henry Bourget	»	3	»
M. Luc Picart	»	3	»

M. **Louis Fabry**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1919, ouvert en la séance du 24 février, est clos en celle du 3 mars.

30 cahiers de vote sont déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Bordin, Francœur*. — MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, N...; Boussinesq, Émile Picard, Lecornu.

Aucun autre suffrage n'a été exprimé.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet*. — MM. Boussinesq, Sebert,

Vieille, Lecornu, Kœnigs, N...; Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Emile Picard, Appell.

Cette commission est également chargée de proposer une question pour le *Prix Fourneyron* à décerner en 1922.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Benjamin Valz, Pierre Guzman, G. de Pontécoulant.* — MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, N...; Jordan, Lippmann, Emile Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Violle.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef.* — MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé; Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Douvillé, Haug.

Cette commission est également chargée de proposer une question pour le *prix Gay* à décerner en 1922.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Favé, N....

VI. Physique : *Prix Kastner-Boursault, Gaston Planté, Hébert, Henri de Parville, Hughes, Pierson-Perrin, fondation Clément Félix.* — MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot; Boussinesq, Emile Picard, Carpentier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Blondel.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu, N...; Carnot, Schlœsing, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

VIII. Minéralogie et géologie : *Prix Delesse, Victor Raulin, Joseph Labbé.* — MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug; Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Carnot, Kilian.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de la Fons Mélicocq, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. Guignard, Gaston

Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard; Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Flahault.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny.* — MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal; Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte.

Aucun autre suffrage n'a été exprimé.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Bellion, Larrey, Argut.* — MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, N...; Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Branly.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, Lallemand, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Mangin.

XIII. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. Armand Gautier, Guyon, Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet, Quénu, N....

XIV. *Prix Montyon de statistique.* — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Emile Picard, Carnot, Violle, le prince Bonaparte, Tisserand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Lecomte.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Grandidier, Emile Picard, Appell, Edmond Perrier, Bouvier, Bigourdan, de Launay.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Jordan, Douvillé.

XVI. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot.* — MM. Guignard, Deslandres, Émile Picard, A. Lacroix.

XVII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Henri Becquerel.* — MM. Guignard, Deslandres, Emile Picard, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier.

XVIII. *Grand prix des sciences physiques.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Haller, A. Lacroix, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Bouvier.

XIX. *Prix Alhumbert.* — MM. Lippmann, Violle, Bouty, A. Lacroix, Wallerant, Villard, Branly.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, de Gramont.

XX. *Prix Bordin.* — MM. Armand Gautier, Emond Perrier, Guignard, A. Lacroix, Barrois, Le Chatelier, Moureu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Douvillé.

XXI. *Prix Vaillant.* — MM. Lippmann, Violle, Le Chatelier, Bouty, Villard, Branly, Moureu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Carpentier, Hamy.

XXII. *Prix Petit d'Ormoy* (sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. Jordan, Boussinesq, Emile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Bigourdan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lecornu, Kœnigs.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (sciences naturelles). — MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Edmond Perrier, Delage.

XXIV. *Prix Estrade-Delcros.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Haller, A. Lacroix, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Bouvier.

XXV. *Prix J.-J. Berger.* — MM. de Freycinet, Armand Gautier, Emile Picard, Carnot, Violle, Tisserand, Kœnigs.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

XXVI. *Prix Saintour.* — MM. Jordan, Boussinesq, Lippmann, Emile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Violle, Lecornu.

XXVII. *Prix Henri de Parville* (ouvrages de science). — MM. Guignard, Deslandres, Emile Picard, A. Lacroix, Appell, Armand Gautier, A. Carnot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, de Launay.

XXVIII. *Prix Lonchampt*. — MM. Edmond Perrier, Guignard, Roux, Laveran, Maquenne, Mangin, Charles Richet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Armand Gautier, Leclainche.

XXIX. *Prix Henry Wilde*. — MM. Grandidier, Lippmann, Emile Picard, Guignard, Violle, A. Lacroix, Bigourdan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Armand Gautier, Appell.

XXX. *Prix de l'École normale*. — MM. Lippmann, Emile Picard, Appell, Edmond Perrier, Violle, Villard, Puiseux.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gaston Bonnier, Branly.

XXXI. Question à proposer pour le *Grand prix des sciences mathématiques* à décerner en 1922. — MM. Jordan, Boussinesq, Emile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bigourdan, Hamy.

XXXII. Question à proposer pour le *Prix Alhumbert* (sciences mathématiques) à décerner en 1922. — MM. Jordan, Lippmann, Emile Picard, Appell, Humbert, Lecornu, Kœnigs.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Violle.

XXXIII. Question à proposer pour le *Prix Bordin* (sciences physiques) à décerner en 1922. — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Haller, A. Lacroix, Douvillé.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Schlœsing, Mangin.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités irrégulières des équations différentielles linéaires*. Note de M. **René Garnier**.

Dans ma Note précédente [1] j'ai considéré une équation linéaire $(\overline{E})$, d'ordre m, irrégulière pour $x = \infty$, comme limite d'une équation (E),

---

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 142.

dépendant d'un paramètre ε, et possédant $n+1$ points réguliers

$$x_h = \varepsilon^{-1} e^{\frac{2\pi i h}{n}} \quad (h=1, \ldots, n) \quad \text{et} \quad x_\infty = \infty;$$

et j'ai montré que, lorsqu'une certaine équation caractéristique, $f(s)=0$, possède m racines distinctes, s_j, sommets d'un polynome convexe Π, on peut subdiviser l'extérieur d'un cercle Γ en mn secteurs $\Sigma_{h,k}$ illimités, à l'intérieur de chacun desquels on sait calculer $m+1$ intégrales

$$Y_{h,k} \quad (k=1, \ldots, m) \quad \text{et} \quad Y_{h+1,k},$$

qui sont des traces d'intégrales canoniques de E. Je vais indiquer des conséquences de ces résultats.

1. Dans l'un quelconque des secteurs, soit $\Sigma_{h,k}$, les intégrales Y sont liées par une relation à coefficients constants

$$(1) \qquad Y_{h+1,k} = \beta^1_{h,k} Y_{h,1} + \ldots + \beta^m_{h,k} Y_{h,m}.$$

A la vérité, chaque Y n'est définie qu'à un facteur de proportionnalité près; mais quel que soit le choix adopté pour ces facteurs, les expressions

$$(2) \qquad \beta^{g'}_{h,k}\beta^{g}_{h',k'} : \beta^{g}_{h,k}\beta^{g'}_{h',k'}$$

conservent des valeurs fixes que nous appellerons les *paramètres* du point irrégulier. Or il est aisé d'interpréter la signification des paramètres [dont il y a d'ailleurs $N=(m-1)(mn-m-1)$ de distincts].

Considérons le sous-groupe G du groupe de monodromie de (E) engendré par les substitutions relatives à $x_1, \ldots, x_n, x_\infty$; ce sous-groupe possède $(m^2-1)(n-1)$ invariants, au sens de Poincaré, définis d'ailleurs à une transformation ponctuelle près. Or on peut constituer un système complet d'invariants indépendants au moyen : 1° de $(m-1)n$ des racines des équations fondamentales déterminantes relatives aux différents points x_h; 2° de combinaisons analogues à (2), formées au moyen des relations analogues à (1) qui existent entre les intégrales canoniques de (E). *Parmi ces invariants* (qui dépendent de ε) les premiers présentent $\varepsilon=0$ comme singularité essentielle et n'ont plus de sens après le passage à la limite; au contraire, *les seconds, au nombre de* N, *tendent précisément vers les* N *paramètres du point irrégulier*, en vertu même des résultats que j'ai rappelés.

2. Ajoutons encore que, parmi les intégrales figurant dans (1) et définies

dans Σ_{hk}, il en est deux, soient Y_{hk} et $Y_{h+1,k}$, *qui ont même développement asymptotique* (et sont donc *indiscernables* par la méthode des séries asymptotiques); or ces intégrales sont : 1° ou bien des limites d'intégrales canoniques relatives à deux points x_h, x_{h+1} (et à des exposants dont les produits par ε^n tendent vers la même limite); 2° ou bien des limites d'une intégrale canonique pour x_∞, calculée successivement en x le long de deux chemins dont la différence équivaut à un lacet autour de x_h [1].

Observons enfin que la considération du polygone Π et des relations (1) permettrait de définir pour une intégrale quelconque de $(\overline{E})$ des *lignes infinies de zéros*, au moyen d'un procédé analogue à celui que j'ai donné pour $m = 2$ [2].

3. Indiquons sommairement comment les résultats précédents doivent être modifiés lorsque *le polygone* Π *formé par les* s_j *n'est plus convexe* (ce qui exige $m > 2$). Soit $m' < m$ le nombre des sommets du polygone de sustentation Π′, des s_j; chacun de ces sommets donne encore naissance à n intégrales normales, traces d'intégrales canoniques de (E). Mais, lorsque ε tend vers zéro, les intégrales canoniques de (E) correspondant aux s_j intérieurs à Π′ *ne peuvent plus être calculés par l'algorithme d'approximations successives* que nous avons indiqué précédemment : en un point x, hors de Γ, on ne connaîtra donc que $m' + 1 \leqq m$ intégrales, limites d'intégrales canoniques de (E).

Malgré cette difficulté, *il est encore possible de définir pour* $(\overline{E})$ *un système de quantités constituant les limites des invariants de* G. A cet effet, considérons une équation linéaire, possédant deux singularités régulières, α et β. Nous appellerons *intégrale paracanonique* attachée au groupe (α, β), toute intégrale de (E) (définie à un facteur constant près) qui, dans le voisinage de α, s'exprimera en fonction linéaire de $\nu\ (> 1)$ intégrales canoniques déterminées relatives à α, et qui, prolongée jusqu'en β le long d'un chemin donné, s'exprimera en fonction de $m + 1 - \nu$ intégrales canoniques données, relatives à β; le plus petit des entiers ν et $m + 1 - \nu$ sera *l'indice* de la paracanonique. On montre alors que, si s_k est intérieur à Π′, *les intégrales qui correspondent à* s_k, ϖ_k *et* u_k par le pro-

---

[1] Pour $m = 2$, on peut opérer le passage à la limite de façon à exclure l'une des deux alternatives précédentes; mais ce serait impossible pour $m > 2$.

[2] *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 602.

cédé de calcul exposé dans ma Note précédente *sont précisément des intégrales paracanoniques relatives à* (x_k, x_∞); à la limite, elles tendront vers des intégrales bien déterminées de $(\overline{\mathrm{E}})$. On conçoit ainsi qu'au point x (hors de Γ) on puisse calculer $m' + 1 + m - m' = m + 1$ intégrales canoniques et paracanoniques qui seront liées par des relations analogues à (1), ce qui permettra de former un système d'invariants pour (E). Le choix de ces intégrales paracanoniques n'est d'ailleurs pas unique; mais si l'on s'astreint à rendre minimum la somme de leurs indices, le nombre des intégrales d'indice donné qu'il faudra introduire *ne dépendra que de la configuration des* s_j *au point de vue de la géométrie de situation.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1918. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations faites pendant ce trimestre se rapportent à 67 jours, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Au total, le nombre des groupes de taches enregistrés est inférieur de six, soit 92 groupes au lieu de 98; mais la diminution de l'aire tachée a été beaucoup plus forte, puisqu'elle est d'environ un quart, avec 6626 millionièmes au lieu de 8950, précédemment (1).

Cette diminution appartient toute à l'hémisphère boréal où l'on a noté huit groupes en moins, soit 43 au lieu de 51; dans l'autre hémisphère, au contraire, il y a eu deux groupes en plus : 49 au lieu de 47.

Vers le commencement de la troisième décade de novembre, le disque solaire était parsemé de nombreuses taches, et celle qui a traversé le méridien central le 26,8 du même mois, à —10° de latitude, a été visible à l'œil nu.

Enfin, la latitude moyenne des taches a diminué de part et d'autre de l'équateur, mais cette diminution est moins grande (0°,2) au Nord, passant de +11°,5 à +11°,3, qu'au Sud (1°,0) où, de —14°,0 elle est devenue —13°,0.

Régions d'activité. — Les facules ont diminué tant en nombre qu'en surface : au total, on a 139 groupes au lieu de 163, et 172,0 millièmes au lieu de 204,8.

Dans la répartition de ces phénomènes entre chaque hémisphère, on constate que la diminution a été trois fois plus forte au Nord (18), avec 69 groupes au lieu de 87, qu'au Sud (6) avec 70 groupes au lieu de 76.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 222.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,00.			
27- 1	4	1,3		+12	3
27- 3	7	3,3		+11	45
2- 8	7	4,7		+17	17
3- 7	5	5,6	—18		19
7	1	6,3	—25		6
1- 5	4	6,7	—13		13
5- 6	2	6,9	— 6		5
6- 8	2	7,8	— 3		18
6-11	6	8,1		+ 3	221
5- 8	4	8,6	—12		9
8-10	3	10,4		+ 1	17
4-11	8	10,7		+12	47
6- 7	2	11,5	—12		8
10-11	2	12,3		+17	10
17	1	12,9	— 5		5
15	1	13,3		+ 5	15
11	1	13,5	—24		3
9-11	3	13,5	— 8		3
16	1	14,7	—12		5
16-21	3	16,4	—15		6
11-22	7	17,8		+16	397
17	1	18,9	—11		3
15-22	6	20,6		+ 7	54
15-27	10	22,0		+10	226
16-22	5	22,2		+18	48
21	1	23,2		+ 6	4
25-26	2	23,7		+18	15
20-29	8	24,2		+ 5	158
20-27	6	24,9		+ 7	94
20-30	10	25,0	—18		286
21-30	5	26,7	— 9		5
31- 1	2	28,6		+12	10
25- 1	8	29,5	—18		86
24- 5	11	30,1		+22	216
27- 5	8	31,7	—12		112
	25 j.		—13°,0	+11°,1	
		Novembre. — 0,00.			
6- 8	2	3,2	—19		57
28- 8	9	3,5		+ 1	67
28- 6	8	4,0		+ 8	127
8	1	6,0	— 1		4
8	1	6,7		+21	11
8-12	3	6,9		+ 8	27
5-12	3	7,3		+ 1	14
9-12	2	8,5		+ 9	7
14	1	14,2		+ 6	11
20	1	15,3	— 7		6
16-21	6	16,1	—11		243
20-21	2	16,2	— 5		15
		Novembre (suite).			
13-16	3	16,7		+17	5
12-23	11	17,5		+14	291
17-20	4	18,0	—12		5
16	1	19,0		+ 2	5
13-23	10	19,5		+ 8	381
14-23	9	20,4	— 7		37
16-23	8	21,2		+ 8	16
16-26	9	21,3	—17		77
16-23	8	21,5		+16	23
16-23	8	21,6	— 7		34
18	1	21,8		+13	5
20	1	22,3	— 5		3
16-23	7	22,8	—20		87
21-23	3	24,5		+16	7
20-27	6	25,2		+10	30
21- 1	7	26,8	—10		472
21-23	3	27,0		+23	12
23-27	3	27,8	—18		43
30- 3	3	28,7	—22		21
	20 j.		—11°,5	+10°,6	
		Décembre. — 0,00.			
26- 1	4	1,0	—19		91
3- 7	5	2,9	—14		24
4	1	3,5		+16	4
4- 9	6	4,1	—16		73
3- 9	7	5,3		+12	35
3- 4	2	7,0	—17		4
5-14	3	8,9		+15	91
11	1	12,6		+ 8	3
6-18	9	12,7	—11		369
8-14	5	13,8	— 5		59
20	1	15,4	— 8		162
17-20	4	17,1	— 7		24
14	1	18,9	—19		13
21	1	19,4	—18		9
20-21	2	21,1		+ 9	11
18-27	8	21,3	— 9		360
24-27	4	22,1	—22		83
17-27	9	23,5	—21		160
19-26	6	23,5		+11	19
14-27	9	23,8	— 8		406
30	1	25,6	—13		37
24-31	6	26,0	—17		108
27	1	26,2		+22	16
27- 1	4	30,7	—12		43
25-31	5	31,6	—17		76
25- 1	5	31,8		+12	14
	22 j.		—14°,1	+13°,1	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1918.	Sud.						Nord.						Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
	90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.		
Octobre.....	»	»	2	10	5	17	18	8	9	1	»	»	35	2189
Novembre...	»	»	1	6	7	14	17	10	5	2	»	»	31	2143
Décembre...	»	»	2	11	5	18	8	2	5	1	»	»	26	2294
Totaux....	»	»	5	27	17	49	43	20	19	4	»	»	92	6626

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1918.	Sud.						Nord.						Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
	90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.		
Octobre.....	»	«	6	11	8	25	26	7	13	5	»	1	51	61,9
Novembre...	»	»	6	10	7	23	26	12	10	3	1	»	49	60,7
Décembre...	»	»	6	11	5	22	17	4	8	5	»	»	39	49,4
Totaux....	»	»	18	32	20	70	69	23	31	13	1	1	139	172,0

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision des variations barométriques : vents d'appel pour les dépressions.* Note de MM. **L. Dunoyer** et **G. Reboul.**

Dans un assez grand nombre de cas, les routes suivies par les dépressions isobariques sont influencées par des zones de vents dus à des perturbations météorologiques coexistantes. G. Guilbert a insisté sur cette action et cherché à en utiliser les lois pour la prévision du temps. Malheureusement, sous le nom de *vents divergents*, Guilbert désigna à la fois des vents qui divergent réellement (au sens ordinaire du mot) du centre de la dépression, et des vents qui sont dirigés, sur les bords de la dépression, en sens inverse de celui que leur assignerait une circulation normale. D'autre part, Guilbert attache parfois une importance considérable (voir son livre *Nouvelle méthode de prévision du temps*) à l'existence d'un vent divergent en un seul point.

Sous cette forme générale, qui laisse place, dans la pratique journalière, à de fréquentes ambiguïtés, la règle de Guilbert dite des *vents divergents* ne nous a donné que des résultats très aléatoires. Nos essais ont été pourtant aussi méthodiques que possible, et les circonstances dans lesquelles nous avons dû les faire, à la fin de 1915, étaient le meilleur garant de leur impar-

tialité : il s'agissait d'augmenter la sécurité et les chances de réussite d'opérations de guerre aérienne.

L'expérience nous a montré ultérieurement qu'en réduisant la généralité de l'énoncé, il devenait possible d'en tirer un parti avantageux, en même temps que d'en évaluer le *coefficient de certitude*. Nous avons constaté :

1° Qu'il est prudent de ne pas attacher d'importance à un vent isolé, mais seulement à un ensemble de vents sensiblement parallèles couvrant une région assez vaste (par exemple une partie importante de la France). La prise en considération d'un vent anormal isolé expose trop aux erreurs causées par une mauvaise situation topographique du poste qui le signale ou par une transmission télégraphique défectueuse.

2° Que cet ensemble de vents parallèles doit bien réellement diverger, au sens ordinaire du mot, de la région centrale de la dépression, sans qu'il y ait lieu de se préoccuper de la question de savoir si ces vents font ou non partie de cette dépression. Ainsi un ensemble de vents des régions N régnant sur la France en raison d'une dépression méditerranéenne constituera un appel pour une dépression d'Islande, se faisant sentir sur le nord de la Grande-Bretagne.

Pour éviter toute confusion nous appelons ces vents, *vents d'appel*, et nous formulons leur action apparente sur les dépressions de la manière suivante :

Lorsqu'il y a, dans le voisinage d'une dépression, une zone de vents dont les directions, sensiblement parallèles, viennent de l'intérieur de la dépression, et en particulier de sa région centrale, cette dépression est appelée sur la région que couvre la zone de vents.

Cette règle est évidemment beaucoup moins générale que ne paraît l'être celle des « vents divergents », mais elle est d'une application et d'un contrôle beaucoup plus faciles. Malgré sa généralité moindre, elle reste pourtant assez fréquemment applicable : ainsi, dans le courant d'une année (octobre 1915 à novembre 1916), nous avons trouvé 173 exemples dans lesquels la trajectoire d'une dépression est modifiée sous l'influence des vents d'appel. Dans le courant de l'année 1904, prise au hasard dans la collection de cartes publiées par le Bureau Central météorologique, l'application aurait pu être faite dans 263 cas, elle aurait donné 180 fois de bons résultats. Le coefficient de certitude moyen de la règle serait donc d'environ 0,70.

Ce coefficient dépend des saisons. Voici les résultats pour les divers mois de l'année 1904 (Tableau I) :

TABLEAU I.

Mois.	Coefficient de certitude.	Mois.	Coefficient de certitude.
Janvier	0,76	Juillet	0,55
Février	0,85	Août	0,64
Mars	0,69	Septembre	0,60
Avril	0,55	Octobre	0,62
Mai	0,71	Novembre	0,80
Juin	0,59	Décembre	0,81

Hiver : 0,75 Été : 0,61

L'application de la règle sera donc moins avantageuse pendant les mois d'été que pendant les mois d'hiver.

De plus, le coefficient de certitude varie d'une manière très nette suivant la direction dans laquelle la dépression est appelée : les divers cas d'application se répartissent, pour l'année 1904, comme l'indique le Tableau II. On sait que le mouvement de rotation de la Terre tend à imprimer aux dépressions un mouvement de translation d'W en E; le Tableau II montre que les vents d'appel agissent pour dévier ce mouvement vers le NE ou vers le SE. Les cas les plus typiques auxquels nous ayions assisté en Lorraine sont relatifs à cette dernière direction : changements de temps brusques et complets, résultant d'un appel presque foudroyant des dépressions d'Islande par des vents de NNW régnant sur l'Angleterre.

TABLEAU II.

Direction d'appel.	Nombre total des cas.	Cas favorables.	Coefficient de certitude.
N	8	4	0,50
NE	48	42	0,87
E	89	70	0,78
SE	71	48	0,67
S	25	13	0,52
SW	18	3	0,17
W	1	0	»
NW	3	0	»

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les anomalies de la station météorologique de Skudesness (Norvège).* Note de M. **Gabriel Guilbert**, présentée par M. R. Bourgeois.

L'observation démontre que le vent, à la surface de la Terre, s'éloigne d'un centre de hautes pressions et se dirige vers les tourbillons cycloniques.

Sous l'anticyclone, le vent doit suivre le tracé des isobares avec une *composante centrifuge ;* dans le cyclone, *la composante est centripète.*

En outre, la loi de Buys-Ballot montre qu'*en tournant le dos au vent, le minimum de pression est à la gauche de l'observateur et le maximum à sa droite.*

Or, il est, sur la carte d'Europe, une station météorologique, *une seule*, où toutes les lois connues, qui régissent la direction et la force des vents de surface, sont souvent mises en échec.

Cette station est celle de *Skudesness.* Elle se trouve au sud-ouest de la Norvège, à l'altitude de 4^m seulement, au fond du golfe de Stavanger.

Les vents exceptionnels et anormaux y sont ceux des secteurs Sud et Est. Les vents d'W à NE, par le N, sont réguliers et y obéissent aux lois des tempêtes.

Au contraire, les courants de S et d'E soufflent de ces directions, alors que les isobares exigeraient des vents tout différents de SW ou même d'W.

Cette anomalie intrigue toujours les météorologistes qui tracent les courbes isobariques.

Pour faire cadrer les vents de S ou SE de Skudesness avec les règles ordinaires, on imagine souvent d'hypothétiques centres de dépression sur la mer du Nord.

Or nos observations, dès leur début, vers 1890, nous ont suggéré une explication des vents anormaux et irréguliers de Skudesness.

Loin d'être commandés par un minimum voisin, par exemple sur la mer du Nord, les vents d'E et S de Skudesness sont en relation avec de lointaines bourrasques, situées au large dans l'Atlantique. Contrairement à toute vraisemblance, Skudesness, par ses anomalies, peut révéler l'existence de cyclones extrêmement éloignés, situés à l'ouest des Iles Britanniques et que les Iles Britanniques ne signalent même pas.

C'est ce phénomène, très fréquent d'ailleurs, que nous pouvons appeler *le mystère de Skudesness.*

L'expression est d'autant plus admissible que les stations les plus extrêmes d'Irlande et d'Écosse, Valencia, Blaksod, Stornoway, peuvent fort bien, en certains jours, noter des vents d'W ou de NW, commandés par un centre de dépression vers les Feroë ou la Laponie, alors que Skudesness est déjà orienté au S ou à l'E *commandé* par une dépression alors invisible, située au large de l'Écosse.

Au point de vue pratique, cette observation a une réelle importance : *les vents de Skudesness* précèdent presque toujours l'arrivée d'une bourrasque océanienne sur les côtes de l'Europe, du Portugal à l'Islande, mais principalement de la Bretagne au nord de l'Écosse.

II. La force des vents à Skudesness est tout aussi bizarre que leur direction, mais elle est aussi des plus utiles dans la prévision. On observe des vents violents sans aucun gradient accentué.

Ces vents n'amènent cependant aucune hausse barométrique consécutive : *la vitesse exagérée des courants d'entre E et S à Skudesness est le plus souvent en rapport direct avec l'intensité de la bourrasque, existante ou non, qui doit venir.*

Plus d'une fois, un vent de tempête SE, par gradient faible, a précédé l'arrivée, à 24 ou 40 heures d'avance, d'un formidable cyclone.

Les indications multiples que l'expérience permet de déduire des observations de Skudesness relativement à l'existence, à l'approche, à la situation, à l'importance, à la direction des centres cycloniques signalés, se réalisent dans la proportion de 80 pour 100 environ.

Toutefois, si cette station, *à elle seule*, permet en certains jours, de pronostiquer l'arrivée d'une bourrasque, il convient de ne jamais séparer les observations de Skudesness des autres éléments de prévision : il faut n'y attribuer le plus souvent qu'une valeur d'appoint.

Nous ferons observer que la station de Skudesness se trouve assez rapprochée du *Maël-ström*, si redouté des pêcheurs de la mer du Nord, mais on ne peut admettre de relation quelconque entre ce tourbillon, qui est fixe et *permanent*, et les vents, variables et *éphémères*, de Skudesness.

L'augmentation considérable des stations anglaises, dont les observations sont transmises aux services météorologiques militaires de France dirigés par M. le général Bourgeois, nous a permis de serrer de plus près, depuis 3 années entières, cet étonnant problème de Skudesness, que nous poursuivons depuis 28 années sans en entrevoir encore ni la raison ni la solution.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Contribution à la détermination des niveaux lacustres de la Basse Vallée du Vardar*. Note de M. D. **Faucher**, présentée par M. Pierre Termier.

La cartographie de la Macédoine a été, jusqu'à l'intervention des Alliés à Salonique, dans un état d'indigence exceptionnel. La plus grande partie de la région, quel qu'en fût l'occupant, ne possédait pas d'autre représentation cartographique à grande échelle que la carte de l'état-major autrichien au 200000e. Son insuffisance et ses erreurs ont été maintes fois signalées. Toutes les études ayant à utiliser cette carte en ont souffert; aucune ne s'en est trouvée plus gênée que la géographie physique.

Grâce au Service topographique des Armées alliées en Orient, cette grave lacune cartographique est déjà notablement réduite. Tout l'ancien front macédonien d'une part, le camp retranché de Salonique de l'autre, ainsi que de larges parties de la zone intermédiaire, ont été, en effet, l'objet de levés nombreux et précis. Deux cartes topographiques sont déjà publiées : une au 50000e avec équidistance des courbes de 10^{m} ou de 20^{m}, suivant les feuilles, une au 20000e formant le plan directeur des Armées alliées d'Orient. Leur exécution est remarquable, et malgré quelques erreurs pour les parties du pays malaisément accessibles, elles sont, dès à présent, un instrument de travail de tout premier ordre.

Elles nous ont permis de classer et de comparer de nombreuses observations morphologiques dans le Bas Vardar. En particulier, elles nous ont aidé à préciser quelques-unes des données suivantes sur les niveaux lacustres de la région de Guevgueli.

A. Nous avons relevé la présence d'un certain nombre de ces niveaux dans le voisinage du village de Ljoumnitza.

Ils y sont représentés par des dépôts calcaires, conservés grâce à l'éloignement du Vardar, formant niveau de base.

a. Au sud du village, *le Mont Haas* est une table tout entière constituée par un calcaire limoniteux, jaunâtre ou grisâtre, déposé en bancs épais et compacts formant une masse d'au moins 15^{m} d'épaisseur. Dans sa partie Nord, dressée en falaise par la Kodja-Dere, mais non attaquée par l'érosion remontante, elle atteint 589^{m} *d'altitude*.

Le calcaire du Mont Haas, presque nu à la surface, est déchiré par places

de lapiaz; à la tête du ravin qui l'attaque au Sud, de gros blocs s'en sont détachés par éboulement.

b. Au nord du même village, *la Table de Roc*, de même nature, est à 520^m-530^m. Elle n'a guère que 7^m à 8^m d'épaisseur. Les coupes observées montrent souvent, à la base du calcaire, des cailloux roulés.

Ce même dépôt se retrouve vers 540^m *au village de* Ljoumnitza lui-même. Des sources apparaissent à sa surface et le village leur doit peut-être son existence. Il se prolonge au Sud sur le flanc de la croupe de la Cloche, où il est recouvert de produits fins provenant du ruissellement. C'est le même niveau qui se retrouve *sur les rives de la Kodja-Dere de Koupa*, à 1^{km} en aval de ce dernier village. On en retrouve un témoin accroché au flanc Nord du Mont Haas, qui forme le mouvement de terrain connu sous le nom de *Nid de Hibou*.

c. Enfin un *troisième niveau* paraît s'être établi vers 400^m. Nous en avons retrouvé la trace au *Mont Maurel*, à 402^m d'altitude, sous des alluvions fluviatiles. Le calcaire y repose horizontalement sur des cailloux roulés. Il s'y présente sous un aspect feuilleté qu'on retrouve parfois dans le calcaire cristallin du Gandac. Certains blocs se sont constitués autour d'un noyau resté vide; certains autres se sont moulés fidèlement sur les galets qui les supportent. Aucun autre témoin de ce niveau n'a été reconnu dans la région explorée.

B. De ce qui précède on peut conclure :

1° A l'existence de trois niveaux au moins de calcaires lacustres, postérieurs à la terrasse égéenne de 670^m-680^m, décrite par J. Cvijič (1);

2° Ces différents niveaux sont très probablement distincts les uns des autres, depuis leur origine. Il est difficile d'admettre en effet qu'ils soient le résultat de la dissection du niveau supérieur par des failles. Leur horizontalité est remarquable; aucun mouvement tectonique ne semble les avoir dérangés. Seule, peut-être, *la Table de Roc* a été soumise à une action purement locale; son extrémité Est a été ployée pour former ce que la carte au 20000e appelle l'*Épine de Roc*.

L'hypothèse de dépôts correspondant à plusieurs niveaux successifs de la nappe lacustre s'accorde, au contraire, avec tous les faits observés : hori-

(1) J. Cvijič, *L'ancien lac Egéen* (*Ann. de Géog.*, t. 20, n° 111, 15 mai 1911, p. 233-259).

zontalité des dépôts, différences de leur épaisseur, variation de leur faciès. Elle permet, au surplus, de faire intervenir les périodes d'érosion fluviatile interlacustre auxquelles appartiennent les cailloux roulés relevés à la base des dépôts II et III.

A titre de conclusion provisoire, on peut admettre que les phénomènes lacustres et fluviatiles se sont succédé de la manière suivante :

1° Invasion lacustre au niveau de 580^m-590^m;

2° Retrait des eaux lacustres et phase d'érosion fluviatile jusque vers 530^m-540^m;

3° Transgression lacustre à cette altitude;

4° Régression lacustre et phase d'érosion fluviatile jusqu'au voisinage de 400^m;

5° Transgression lacustre à cette altitude.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les sections transversales des lames des molaires* d'Elephas africanus. Note [1] de M. **Sabba Stéfanescu.**

J'ai étudié les sections transversales des lames des molaires d'*Elephas africanus* au point de vue de la structure bituberculaire de ces lames et de la phylogénie de cette espèce. J'expose les résultats de mes recherches :

En outre des sections losangiques qui ont décidé Frédéric Cuvier [2] à exprimer ce caractère par le mot générique de « *Loxodante* », sur la face de trituration des molaires d'*Elephas africanus* on rencontre d'autres sections qui diffèrent des premières par les sinuosités du contour et par le nombre des parties dont elles sont composées. Cette diversité des sections est due : 1° *à l'inconstance du développement et de l'individualisation des éléments composants ;* 2° *à la variation des niveaux des sections ;* 3° *à la forme des tubercules congénères des lames.*

I. Toutes les lames sont construites d'après le même plan de structure, mais le développement et l'individualisation de leurs éléments composants sont sujettes à de nombreuses variations, parmi lesquelles sont à signaler : la ramification ou l'indivision des lobes médianes *m* des deux tubercules

(1) Séance du 24 février 1919.

(2) *Histoire naturelle des Mammifères*, t. 3, 1825; *Des dents des Mammifères considérées comme caractères zoologiques*, 1825.

congénères; la présence ou l'absence du lobe postérieur *p* du tubercule en crête; l'absence des deux où d'une seule des deux carènes, ainsi que l'absence des sommets individualisés des deux ou d'une seule des deux carènes *p* et *a* du tubercule en trèfle; la présence de plis qui simulent des carènes secondaires et la présence d'anomalies qui compliquent ou simplifient la morphologie externe des lames.

II. La base d'une lame de molaire inférieure de droite ($LM_{\overline{i}} d$) a la forme d'un losange allongé, irrégulier, parce que la petite diagonale est oblique sur la grande, de gauche à droite et d'avant en arrière. Les deux carènes *p* et *a* du tubercule en trèfle prennent respectivement leurs origines d'un des angles unis par la petite diagonale. Théoriquement, toutes les petites diagonales sont parallèles; leurs extrémités postérieures ainsi que les carènes *p* se trouvent dans un plan longitudinal de la molaire, parallèle à un autre plan longitudinal, dans lequel se trouvent leurs extrémités antérieures ainsi que les carènes *a*. Pratiquement, il y a beaucoup de diversion à cette règle.

a. Toute section parallèle à la base de la lame jusqu'au niveau où cesse la fusion des tubercules congénères, sans atteindre les fonds des entailles qui séparent leurs lobes externes, est losangique comme la base elle-même (A). Normalement, les sections des carènes *p* et *a* sont situées dans le prolongement de la petite diagonale, l'une en avant, l'autre en arrière, mais souvent elles sont repliées de diverses manières en crochet et détournées de ces directions.

b. La section qui passe exactement par le niveau où cesse la fusion des deux tubercules congénères est divisée en deux, ou en quatre, ou en plusieurs parties, suivant que ce niveau se trouve plus bas, ou à la même hauteur, ou plus haut que les fonds des entailles qui séparent les lobes externes, et suivant que la ramification des lobes médians est plus ou moins avancée.

Dans le premier cas, la section est divisée en deux parties, dont l'une ovale ou légèrement triangulaire pour le tubercule en crête, et l'autre rhombique ou largement triangulaire pour le tubercule en trèfle (B). Divers auteurs, tels que Hans Pohlig ([1]) et A. Pomel ([2]), ont publié de pareilles sections, mais ils ont méconnu leur origine et leur signification.

([1]) *Dentition und Kraniologie des* Elephas antiquus, 1888.

([2]) *Les Éléphants quaternaires* (*Paléontologie algérienne*), 1895.

Dans les deux autres cas, la section est divisée en quatre parties, ou en six parties, suivant que le lobe médian de chacun des deux tubercules congénères n'est pas ramifié ou qu'il est divisé en deux ramifications (D, E).

c. Si le lobe médian d'un des deux tubercules congénères a une ramification de plus ou de moins que celui de l'autre, la section est divisée en un nombre impair de parties médianes intercalées entre les deux parties externes qui appartiennent invariablement aux deux lobes externes.

Spécialement importante est la section divisée en trois parties, dont deux externes plus ou moins annulaires et une médiane plus ou moins rhombique (C). Le niveau de cette section est situé plus haut que le fond des entailles qui séparent les lobes externes et plus bas que le fond de l'entaille qui sépare les lobes médians des deux tubercules congénères; chacune des deux parties externes est la coupe d'un lobe externe, tandis que la partie médiane est la coupe des deux lobes médians fusionnés des mêmes tubercules.

I. *m* | *m*

H. *m* | *m* | *m* | *m*

G. *e* | *m* | *m* | *m* | *m* | *e*

F. *e* | *m* | *m* | *m* | *m* | *e* (*a* au-dessus; *p*, *p* au-dessous)

E. *e* | *m* | *m* | *m* | *m* | *e* (*a* au-dessus; *p*, *p* au-dessous)

D. *e* | *m* *m* | *m* *m* | *e* (*a* au-dessus; *p*, *p* au-dessous)

C. *e* | *m* *m* *m* *m* | *e* (*a* au-dessus; *p*, *p* au-dessous)

B. *e* *m* *m* | *m* *m* *e* (*a* au-dessus; *p*, *p* au-dessous)

A. *e* *m* *m* *m* *m* *e* (*a* au-dessus; *p*, *p* au-dessous)

d. L'usure des lames commence par leurs sommets, qui sont plus hauts que les lobes externes, et progresse vers leurs bases. Les sections d'abord en chapelet de plus en plus compliqué (I, H, G), jusqu'au niveau où tous les éléments individualisés à l'extérieur sont atteints par l'usure (F), se simplifient ensuite jusqu'à prendre la forme losangique (E, D, C, B, A). Au point de vue de la phylogénie, les sections losangiques sont moins importantes que les sections divisées en parties, parce qu'elles nous donnent moins d'indications sur la composition bituberculaire et sur l'homologie des lames et des collines.

e. A défaut de dessins, je représente les sections transversales des lames

par des schémas sur lesquels les éléments individualisés des tubercules congénères sont indiqués par des lettres, et les entailles qui les séparent par des traits. Je dois ajouter que j'ai schématisé seulement quelques-unes des sections que je donne comme exemple; leur variabilité est très grande.

III. La forme réelle des tubercules congénères est difficile à définir, mais *grosso modo*, on peut dire que ces tubercules sont deux plaques triangulaires, inégalement et différemment développées, car le tubercule en crête est plus étroit que le tubercule en trèfle; leurs bords internes plus larges que leurs bords externes sont adossés l'un à l'autre, généralement fusionnés à leurs bases, libres à leurs sommets, et perpendiculaires l'un sur l'autre, *par conséquent non alternes*.

Les tubercules congénères des premières lames distales et des dernières lames proximales des vraies molaires et surtout celles des molaires de lait d'*Elephas africanus* restent souvent à l'état de tubercules simples, cylindro-coniques ou mamelonnés, c'est-à-dire à l'état mastodontoïde, leurs sections transversales sont plus ou moins circulaires, elliptiques, ovales ou triangulaires, pareilles à celles qu'on rencontre presque toujours sur la face de trituration des molaires de *Mastodontes bunolophodontes*, et jamais sur celle des molaires de *Stégodontes*.

IV. Ces faits nous conduisent à la conclusion que *les ancêtres d'*ELEPHAS AFRICANUS *sont issus directement des Mastodontes bunolophodontes à collines dentaires formées de deux tubercules congénères non alternes, et qui, par conséquent, appartiennent à une branche différente de celle de* MASTODON ARVERNENSIS.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la lumière sur l'absorption des matières organiques du sol par les plantes.* Note de Mme **Dolorès Cebrian de Besteiro** et M. **Michel-Durand**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note présentée à l'Académie en 1911, Cailletet (¹) attirait l'attention sur le fait que certaines plantes, la plupart des plantes d'appartement par exemple, vivent normalement à des lumières paraissant trop faibles pour qu'elles puissent assimiler d'une façon assez active le gaz car-

---

(¹) L. Cailletet, *Sur l'origine du carbone assimilé par les plantes* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1215 à 1217).

bonique de l'air; il émettait l'opinion que ces végétaux, étant incapables à ces faibles éclairements de prendre tout le carbone qui leur est nécessaire à l'anhydride carbonique de l'air, doivent le puiser en grande partie dans le sol sous forme de matières organiques diverses. A l'appui de cette manière de voir, il faisait connaître différents résultats d'expériences.

M. Maquenne ([1]) fit observer, à propos de ce travail de Cailletet, que les végétaux qui sont susceptibles de vivre à des lumières très faibles, ont cependant la faculté d'adapter leur fonction chlorophyllienne à ces éclairements faibles et peuvent ainsi suffire à leur alimentation carbonée par l'assimilation chlorophyllienne du gaz carbonique, de l'air.

M. Rosé ([2]) a ultérieurement précisé la faculté d'adaptation de l'assimilation chlorophyllienne à divers éclairements, d'une part chez une plante qui préfère le soleil (héliophile), d'autre part chez une plante qui préfère l'ombre (héliophobe). Les résultats qu'il a obtenus confirment l'opinion de M. Maquenne quant à la première partie de la question posée par Cailletet : Les plantes qui vivent à de très faibles lumières peuvent-elles réaliser à ces éclairements une assimilation chlorophyllienne du gaz carbonique de l'air assez intense pour suffire à leur alimentation carbonée?

Il nous a paru intéressant d'appliquer la méthode de recherches directe à l'étude de la seconde partie de ce problème : Les plantes qui vivent à de faibles lumières ont-elles la faculté de compléter leur approvisionnement en carbone qui, dans ces conditions d'existence, peut être insuffisamment réalisé par l'assimilation chlorophyllienne du gaz carbonique de l'air, en puisant dans le sol une plus grande quantité de carbone à l'état de substances organiques?

Nos recherches ont porté sur une plante héliophile, le *Pisum sativum*, pour laquelle l'influence de l'éclairement sur l'assimilation chlorophyllienne est bien connue depuis les travaux de M. Rosé sur cette question. Elles seront continuées par une étude semblable portant sur une plante héliophobe.

Le Pois a été cultivé en culture pure dans les appareils de M. Raoul Combes, en employant la technique imaginée par ce physiologiste ([3]), laquelle permet de faire

---

([1]) L. Maquenne, *A propos d'une communication récente de M. Cailletet* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1818 et 1819).

([2]) E. Rosé, *Énergie assimilatrice chez les plantes cultivées sous différents éclairements* (*Ann. des Sc. nat. Bot.*, 9e série, t. 17, 1913).

([3]) Raoul Combes, *Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux* (*Rev. gén. de Bot.*, 1917-1919).

développer des plantes supérieures dans des conditions telles que les racines croissent aseptiquement dans le milieu de culture, tandis que les organes aériens vivent à l'air libre. Le milieu de culture était constitué par du liquide de Knop additionné de 4 pour 1000 de glucose. Les intensités lumineuses auxquelles les plantes ont été exposées sont : un éclairement I correspondant à $\frac{1}{9}$ de la lumière solaire, un éclairement II correspondant à $\frac{1}{3}$, un éclairement III correspondant à $\frac{1}{2}$ et un éclairement IV représenté par la lumière solaire complète. Ces divers éclairements ont été réalisés à l'aide des dispositifs établis par M. Raoul Combes (¹) à l'occasion de ses recherches relatives à la détermination des optima lumineux pour le développement des végétaux.

Les moyennes des résultats obtenus dans les divers lots de cultures sont réunies dans le Tableau ci-dessous :

	Éclairements.			
	I.	II.	III.	IV.
Augmentation de poids sec de la plante entière au cours de la végétation.......	0,0470	0,3910	0,5339	0,8257
Poids sec de la racine...................	0,0523	0,1595	0,2678	0,3557
Poids sec de la plante entière.............	0,2385	0,5825	0,7254	1,0172
Glucose absorbé par chaque plante........	0,1227	0,3146	0,3941	0,5411
Glucose absorbé par 1g de substance sèche de la racine........................	2,4667	2,0590	1,5341	1,5267
Glucose absorbé par 1g de substance sèche de la plante entière.................	0,5222	0,5471	0,5877	0,5462

Les conclusions à tirer de ces résultats sont les suivantes :

1° Les plantes ont augmenté leur teneur en substance sèche de quantités d'autant plus grandes qu'elles se sont trouvées exposées à un éclairement plus intense.

2° Les racines (aussi bien que les organes aériens) se sont d'autant plus développées que les plantes auxquelles elles appartenaient étaient plus éclairées.

3° Les divers individus ont puisé dans le milieu nutritif une quantité de glucose d'autant plus grande qu'ils ont été cultivés à une intensité lumineuse plus vive.

4° Un même poids de racine a absorbé sensiblement plus de glucose aux éclairements faibles qu'aux éclairements forts.

5° *Un même poids de plante entière a absorbé dans le milieu de culture une*

(¹) Raoul Combes, *Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux* (*Ann. des Sc. nat. : Bot.*, 9e série, t. 11, 1910).

quantité de glucose qui est sensiblement la même aux diverses intensités lumineuses.

Les résultats résumés dans le troisième paragraphe sont dus à ce que, d'une part la diminution de l'éclairement a pour effet d'entraver le développement des plantes, et d'autre part l'absorption de substances minérales et organiques par les racines est d'autant moins active que les individus sont moins développés. La diminution de l'éclairement a donc ainsi pour effet indirect de diminuer la quantité de substances absorbée par les racines.

Or, pour juger si une plante est susceptible de s'adapter aux éclairements faibles en activant sa faculté d'absorption des substances organiques par ses racines, il est nécessaire d'éliminer cet effet indirect, c'est-à-dire la modification d'absorption qui résulte simplement de l'accroissement général de tous les organes de la plante : il suffit pour cela de considérer, non pas les quantités de substances organiques, ici de glucose, absorbées par *chaque plante* aux divers éclairements, mais les quantités absorbées par *un même poids de plante*.

Ce sont donc les résultats résumés dans le cinquième paragraphe qui doivent seuls retenir notre attention, au point de vue qui nous occupe.

Ces résultats nous conduisent à conclure que *le Pois, plante héliophile, qui ne peut adapter son assimilation chlorophyllienne aux éclairements faibles, comme l'ont montré les recherches de M. Rosé, est également incapable d'augmenter le pouvoir absorbant de ses racines de façon à leur permettre de puiser dans le sol une plus grande quantité de carbone organique. Il n'y a donc pour cette plante ni parallélisme ni compensation entre l'absorption du carbone par les feuilles vertes dans le gaz carbonique de l'air et l'absorption du carbone organique par les racines dans le sol.*

BIOLOGIE. — *Études biologiques et systématiques sur les* Gymnosporangium *suédois*. Note (1) de M. **Jakob Eriksson**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je vais donner ici brièvement les résultats principaux de mes recherches sur cette question.

(1) Séance du 24 février 1919.

1. En Suède, on rencontre sur le *Juniperus communis* deux espèces de *Gymnosporangium* : les *Gymnosporangium clavariæforme* (Jacq.) DC. et *G. tremelloides* (A. Br.) v. Treb.

2. Le *Gymnosporangium clavariæforme* croît sur le Genévrier commun. Sur les rameaux plus âgés qui présentent des renflements maladifs, le champignon apparaît vers le milieu du mois de mai.

3. Les parties périphériques des masses cylindriques, en forme de langue, qui sortent de l'écorce, sont formées uniquement de spores à paroi épaisse et d'un brun foncé; les deux cellules qui les constituent sont réunies par une large cloison médiane. Les parties centrales des formations gélatineuses, au contraire, sont constituées par des spores à paroi mince, d'un brun pâle et dont les cellules sont insuffisamment liées par une cloison étroite.

4. A la germination des spores à paroi épaisse, chacune des deux cellules qui les constituent donne naissance à un promycélium très court, produisant latéralement des sporidies. A la germination des spores à paroi mince, au contraire, les deux cellules se séparent plus ou moins complètement; le plus souvent elles développent chacune un long filament germinatif qui produit des conidies par bourgeonnement à son sommet.

5. L'æcidium de la forme suédoise du champignon, le *Rœstelia lacerata* (Sow.) Fr., se développe sur les feuilles aussi bien que sur les branches et les fleurs des *Cratægus monogyna*, et *C. nigra*. Quelquefois, la forme æcidienne de cette espèce se rencontre également sur le *Cydonia vulgaris;* exceptionnellement, elle produit des spermogonies sur les *Pyrus Malus* et *P. communis*.

6. Selon les pays où apparaît le *Gymnosporangium clavariæforme*, ce champignon présente *trois formes différentes par leurs caractères biologiques, mais dans le stade à téleutospores égales au point de vue morphologique*. Je ne peux donc pas les caractériser comme des espèces différentes, mais plutôt comme des *formes spécialisées de la même espèce* collective. Ce sont les suivantes :

1° *f. sp. Cratægi*, avec æcidium sur les *Cratægus coccinea*, *C. Douglasii*, *C. grandiflora*, *C. monogyna*, *C. nigra*, *C. oxyacantha*, *C. punctata*, *C. sanguinea*, *C. tanacetifolia* et *C. tomentosa*. Rarement le champignon produit sa forme æcidienne sur les *Cydonia vulgaris* (Autriche, Suède) et *Pyrus*

communis (Autriche, Allemagne, Suisse, Angleterre) ainsi que sur les *Amelanchier canadensis*, *A. erecta* (Amérique du nord) et *A. vulgaris* (Allemagne). 2° *f. sp. Pyrus communis*, avec æcidium sur le *Pyrus communis*. Cette forme se rencontre en Autriche, en Allemagne, en Suisse et en Angleterre. Exceptionnellement les *Cratægus*, le *Cydonia vulgaris* (Autriche) et l'*Amelanchier vulgaris* (Allemagne) peuvent être infectés. 3° *f. sp. Amelanchieris*, avec æcidium sur les *Amelanchier alnifolia*, *A. canadensis*, *A. erecta*, *A. intermedia*, *A. oblongifolia*, *A. areophila*, *A. polycarpa*, *A. pumila* et *A. vulgaris*.

7. Le *Gymnosporangium tremelloides* (= *G. Juniperi* Lk. + *G. tremelloides* R. Hart.) se rencontre aux environs de Stockholm, où il apparaît vers la fin de mai. Plus fréquent que l'espèce précédente, il y vit sur le Genévrier commun. *Ou bien* il forme *sur les rameaux* de celui-ci de grandes tumeurs couleur chocolat qui, par la rupture de l'épiderme, sont mises à nu; *ou bien* il développe *sur les aiguilles* de petits coussinets compacts, également d'un brun foncé. Après une pluie, ces derniers comme aussi les tumeurs des rameaux augmentent le volume et prennent une coloration jaune.

8. Les masses gélatineuses de cette espèce sont également formées et de spores périphériques, brun foncé, à paroi épaisse, et de spores centrales, brun pâle, à paroi mince. Les deux loges des spores à paroi épaisse sont solidement réunies par une cloison large, tandis que celles des spores à paroi mince sont insuffisamment liées par une cloison peu large, de sorte que ces dernières spores se disséminent facilement. Dans les tumeurs apparaissant sur les rameaux, les cellules à paroi épaisse sont atténuées doucement à chaque extrémité d'une manière égale et régulière. Dans les coussinets des aiguilles, au contraire, ces mêmes spores s'allongent irrégulièrement vers les deux bouts, et il arrive souvent que les coins auprès de la cloison médiane sont prolongés latéralement. *Il n'y a pas*, comme le prétendent P. Dietel et d'autres, *une différence spécifique entre les tumeurs des rameaux et les coussinets des aiguilles*.

9. La germination des cellules à paroi épaisse se fait par production de courts promycéliums qui développent latéralement des sporidies. Les cellules à paroi mince, au contraire, germent en général en émettant de longs filaments germinatifs qui produisent des conidies par bourgeonnement à leur sommet.

10. Les sporidies germent en donnant latéralement un mince filament germinatif; les conidies produisant à leur sommet un filament plus épais.

11. En différents pays, le *Gymnosporangium tremelloides* présente différents caractères biologiques. Autant que nous le savons, *le champignon ne montre, dans le stade à téleutospores, aucune différence morphologique.* Voilà pourquoi nous voulons les qualifier comme *formes spécialisées de la même espèce* collective ; ce sont les suivantes : 1° *f. sp. Aucupariæ* (= *Gymnosporangium Juniperi* Lk, etc.), avec æcidium [*Rœstelia cornuta* (Pers.) Müll.] sur le *Sorbus Aucuparia.* Cette forme est connue en Danemark, en Allemagne, en Suisse et en Suède. En Suède, les essais ont souvent donné des spermogonies sur le *Cydonia vulgaris*, plus rarement sur le *Sorbus Aria* et exceptionnellement sur le *Pyrus Malus.* 2° *f. sp. Mali* (= *Gymnosporangium tremelloides* R. Hart., etc.; *G. Mali-tremelloides* Kleb.), avec æcidium [*Rœstelia penicellata* (Müll.) Fr.] sur le *Pyrus Malus.* Cette forme a été trouvée en Danemark, en Russie et en Suède. Les essais, faits en Suède, ont très souvent donné des spermogonies sur le *Cydonia vulgaris*, plus rarement sur le *Pyrus communis*, et exceptionnellement sur le *Sorbus Aucuparia.* 3° *f. sp. Amelanchieris* (= *Gymnosporangium Amelanchieris* Fisch.), avec æcidium [*Rœstelia Amelanchieris* (*DC.*) Roum.] sur l'*Amelanchier vulgaris.* Cette forme est signalée en Allemagne et en Suisse. 4° *f. sp. Torminalis* (= *Gymnosporangium Torminali-juniperinum* Fisch.) avec æcidium sur les *Sorbus Torminalis* et *S. latifolia.* Cette forme a été trouvée en Suisse. Quelquefois, elle peut également attaquer, paraît-il, les *Sorbus Aria*, *S. Chamæmespilus* et *S. hybrida.* — Peut-être encore : 5° *f. sp. Ariæ* (= *Gymnosporangium Ariæ-tremelloides* Kleb.) avec æcidium sur le *Sorbus Aria.* Cette forme a été observée en Allemagne et en Suisse. Quelquefois la forme æcidienne se rencontre aussi sur le *S. Chamæmespilus.*

12. Le fait que l'on rencontre rarement aux environs de Stockholm de la forme à téleutospores du champignon qui infeste le Pommier, la grande distance (300-1500^{m}) du Genévrier, ainsi que la faible intensité de l'attaque de cette forme, ne s'accordent pas bien avec l'abondance dans la même région du *Rœstelia penicellata* sur les Pommiers. Y a-t-il donc, faut-il se demander, une source interne de maladie, un stade d'évolution du champignon, vivant pendant l'hiver dans les boutons du Pommier à l'état végétatif, d'où pourrait provenir l'éruption estivale de la maladie?

13. Dans les parties méridionales de la Suède, on a quelquefois trouvé sur le Poirier une forme de *Rœstelia*, qui pourrait être à rapporter au *Gymnosporangium clavariæ* forme *f. sp. Pyricommunis.*

PHYSIOLOGIE. — *Étude du mécanisme de l'action des graisses dans l'utilisation et l'assimilation des albuminoïdes.* Note de M. F. **Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans deux Notes précédentes (22 juillet et 12 août 1918), nous avons établi que *les graisses exercent une double influence sur les albuminoïdes de la ration alimentaire : qu'elles diminuent leur toxicité et augmentent leur pouvoir nutritif.* Cette dernière action repose sur les faits suivants : 1° Avec la graisse, le minimum d'albumine nécessaire est environ trois fois moindre qu'avec l'amidon; 2° la ration assurant la fixité du poids est plus élevée lorsqu'elle est composée d'albumine et d'amidon que lorsqu'il s'agit du mélange albumine-graisse. La différence est dans le rapport de 5 à 4, les rations étant exprimées en calories.

Comment expliquer ces résultats? Les zootechniciens avaient constaté depuis longtemps que l'administration modérée d'huile, ou mieux de graisses oléagineuses, exerçait une action favorisante sur l'assimilation. Crusius, en 1859, montra l'influence de la richesse du lait en graisse sur l'accroissement des veaux soumis au régime lacté. Crevat, J. Kuhn, et les zootechniciens d'une manière générale, ont conclu de ces faits que les graisses favorisaient la digestion des principes alimentaires, et en particulier des albuminoïdes, en excitant la sécrétion des sucs digestifs.

Cette explication purement digestive est-elle suffisante? Ne s'agit-il, dans nos expériences, que d'une action favorisante sur la digestion? Nous ne le pensons pas.

L'écart entre les minima d'albumine nécessaire avec la graisse et avec l'amidon (1 à 3) est trop considérable pour résulter seulement d'une action stimulante des graisses sur les fonctions digestives. D'autre part, cette hypothèse n'explique pas l'influence atténuante des graisses sur la toxicité des protéines. Ce dernier phénomène ne peut se concevoir que par une diminution des déchets résultant d'une utilisation plus complète des albumines ingérées.

A notre avis, *les graisses exercent une action favorable sur l'assimilation de l'albumine en intervenant dans la reconstitution synthétique des molécules protéiques.* Cette hypothèse trouve un point d'appui solide dans les beaux *travaux de L.-C. Maillard sur le rôle de la glycérine dans la protégenèse, comme agent de condensation des acides aminés.*

Cet auteur, en chauffant à 170° des acides aminés en solution concentrée, en présence d'un excès de glycérine, a obtenu des anhydrides mixtes cycliques par perte de 2^{mol} d'eau entre les groupements — CO.OH et — NH^2. La soudure s'effectue par le groupement — CO — NH — qui est le mode de liaison des acides aminés dans les molécules protéiques. La glycérine agit par sa fonction alcool qui est l'objet d'une éthérification provisoire. Les sucres, qui sont des alcools polyatomiques, devraient *a priori* jouir de la même propriété. Mais le glucose renferme en outre une fonction aldéhyde, prédominante dans les principales réactions des sucres et susceptible de masquer les fonctions alcool. D'après Maillard, il est possible toutefois que les sucres puissent, dans des conditions déterminées, agir dans le même sens que la glycérine et réaliser, eux aussi, l'enchaînement peptidique des amino-acides. L'auteur ajoute : « ... cependant leur intervention ne serait que tout accessoire, et dans les conditions habituelles je serais porté à la considérer comme nulle ou insignifiante vis-à-vis de celle de la glycérine. »

L'expérimentation physiologique corrobore pleinement ces conclusions d'ordre chimique. Tandis que nous avons obtenu facilement la fixité prolongée du poids sur le rat blanc avec tous les mélanges expérimentés d'albumine-graisse dans lesquels la graisse variait de $\frac{1}{4}$ à 2, ce résultat n'a pu être obtenu avec l'albumine et l'amidon que plus rarement et avec le seul mélange albumine-amidon, parties égales. Néanmoins, des rats ont été maintenus ainsi en équilibre de poids pendant deux et trois mois. Chez ces animaux, l'utilisation de l'albumine a donc été possible avec le seul concours de l'amidon, mais elle a été moins bonne qu'avec la graisse, du moment que la ration nécessaire correspondait à $50^{cal},75$ et contenait $5^g,59$ d'albumine, au lieu de $39^{cal},50$ et $2^g,77$ d'albumine, qui étaient l'expression de la ration albumine-graisse, parties égales, équivalente comme valeur nutritive.

Pourquoi faut-il, avec les hydrates de carbone, une quantité d'albumine beaucoup plus grande qu'avec la graisse pour couvrir les besoins azotés de l'économie? Pourquoi, en un mot, le rendement de l'albumine est-il moindre avec l'amidon, si les fonctions alcools des sucres peuvent, dans certaines conditions, jouer le rôle peptidogène des fonctions alcools de la glycérine? Cela tient, à notre avis, à ce que dans les graisses, non seulement la glycérine, mais les acides gras eux-mêmes jouent un rôle dans la protéogenèse.

Cette hypothèse est basée sur l'analogie chimique existant entre les acides gras provenant des graisses et les acides aminés des molécules pro-

téiques, qui ne sont autres que des acides de la série grasse ayant subi le phénomène de l'amination. Cette homologie chimique nous permet de comprendre la production de graisse aux dépens de l'albumine, phénomène démontré par nos expériences sur la caséine (1) et qui consiste en une formation d'acides gras aux dépens d'acides aminés protéiques. Le phénomène inverse a d'ailleurs été réalisé par *S. Baudi* (2) qui a combiné des acides gras avec des acides aminés et obtenu des *lipoprotéides* dans lesquels les caractères physico-chimiques des graisses sont complètement masqués.

Du moment que des acides gras peuvent être extraits de la molécule albumine, *on conçoit que des acides gras provenant des graisses puissent inversement fusionner avec le noyau amino-acide d'une protéine en formation et permettre l'édification d'une molécule qu'il n'eût pas été possible d'obtenir avec les seuls amino-acides disponibles et sans le concours des graisses*. Les acides gras contribueraient ainsi à la formation des albumines spécifiques. De cette manière, *certains acides aminés qui n'auraient pas été utilisables pour la formation de telle protéine peuvent le devenir*.

On s'explique ainsi le meilleur rendement de l'albumine en présence des graisses, de même que l'action atténuante de ces substances sur la toxicité des protéines, par la réduction au minimum des déchets inutilisables.

BACTÉRIOLOGIE. — *Coccobacilles parasites des chenilles de* Pieris brassicæ. Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. Marchal.

La grosse invasion de *Pieris brassicæ*, qui causa de si grands ravages en 1917, nous a permis d'isoler un certain nombre de parasites microbiens, dont cinq coccobacilles, qui feront l'objet de la présente Note. Quatre d'entre eux proviennent de la région lyonnaise (plateau de Sathonay); le cinquième a été trouvé à Sellières dans le Jura.

Deux des coccobacilles de la région lyonnaise liquéfient la gélatine et digèrent le sérum de cheval coagulé. L'un d'eux, en bouillon ordinaire, comme dans les autres milieux nutritifs liquides, forme un voile blanc assez épais, mais fragile. Le même coccobacille produit un beau pigment vert fluorescent qui colore toute la masse de la gélose sur laquelle il cultive. Le bouillon ordinaire est seulement coloré dans sa partie supérieure. Sur

(1) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1008.

(2) *Biochem. Zeitschr.*, t. 7, 1909, p. 543.

les différents milieux nutritifs solides employés pour la culture, celle-ci forme une couche assez mince, muqueuse plus ou moins transparente.

Ces propriétés de culture rapprochent le coccobacille des chenilles de Piérides, d'une espèce saprophyte très répandue dans la nature et qu'on retrouve souvent dans les putréfactions dans l'eau, l'air et les couches supérieures du sol : *Bacillus fluorescens liquefaciens* Flügge. Nous désignons ce coccobacille sous le nom de *Bacillus pieris fluorescens*.

Le deuxième coccobacille liquéfiant la gélatine ne produit pas de pigment et ne forme pas de voile en bouillon; il est constitué par de petits éléments moins mobiles que ceux de l'espèce précédente. Nous le nommerons *Bacillus pieris liquefaciens*.

Les deux espèces font fermenter le glucose et le galactose, mais sont sans action sur lactose, saccharose, mannite, maltose, dulcite et glycogène. *Bacillus pieris fluorescens* fait en outre fermenter l'arabinose; l'autre espèce, le lévulose, mais faiblement.

Des trois espèces qui ne liquéfient pas la gélatine, deux ont beaucoup de propriétés communes et ne diffèrent l'une de l'autre que par l'action sur les sucres. Le Tableau suivant met en évidence ces caractères différentiels :

	Glucose.	Lévulose.	Lactose.	Saccharose.	Mannite.	Maltose.	Galactose.	Dulcite.	Arabinose.	Glycogène.
B. pieris non liquef. α.	+	+	+	+	—	—	+	—	+	—
B. pieris non liquef. β.	+	+	—	—	+	—	+	—	—	—

Les deux coccobacilles seront désignés sous les noms de *Bacillus pieris non liquefaciens* α et *B. pieris non liquefaciens* β.

La troisième espèce, originaire du Jura, est caractérisée par son action négative sur tous les sucres, sauf le glucose; en outre, les milieux tournesolé, glucosé, lévulosé, saccharosé, mannité, dulcité et glycogéné sont plus ou moins complètement décoloré. Il est constitué par de petits éléments très mobiles, nous le nommerons *Bacillus pieris agilis*.

Inoculé dans le sang des chenilles d'*Euproctis chrysorrhœa*, il détermine les mêmes réactions cellulaires que *Bacillus melolonthæ liquefaciens* γ mais avec moins d'intensité. Les inclusions acidophiles apparaissent assez tardivement et seulement lorsque les Bacilles pullulent dans le sang; elles se forment seulement dans les éléments sanguins à petit noyau et protoplasme clair.

Des cinq coccobacilles qui viennent d'être décrits, *Bacillus pieris fluorescens* est celui qui a été rencontré le plus fréquemment; plusieurs souches différentes ont été isolées et étudiées comparativement, mais elles ne diffèrent que par l'intensité de la fonction pigmentaire; on ne peut donc les considérer comme des variétés d'une même espèce.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures et demie.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1918 (*suite et fin*).

Étude des courants électriques alternatifs, par H. Pécheux. Paris, Delagrave, 1918; 1 vol. 27cm,5.

Recueil de problèmes d'Électricité (*avec solutions raisonnées*), par H. Pécheux. Paris, Delagrave, 1918; 1 vol. 27cm,5.

Le nivelage des terres en Égypte, par Victor-M. Mosséri et Charles Audebeau Bey. (Extrait du *Bulletin de l'Institut égyptien*, 5e série, t. XII. Année 1918.) Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'Archéologie orientale, 1918; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Lallemand.)

Bibliographie du calcul des variations depuis les origines jusqu'à 1850, *comprenant la liste des travaux qui ont préparé ce calcul*, par Maurice Lecat. Paris, A. Hermann, et Gand, Ad. Hoste, 1918; 1 fasc. 24cm.

La tension de vapeur des mélanges de liquides : *l'azéotropisme*, par Maurice Lecat. Gand, Ad. Hoste, et Bruxelles, Henri Lamertin, 1918; 1 vol. 25cm.

Service hydrographique de la Marine. *Tables des marées*, n° 109 : *Des colonies françaises des mers de Chine pour l'an* 1919; n° 110 : *Des colonies françaises de l'océan Indien pour l'an* 1919; n° 111 : *Des colonies françaises de l'Atlantique pour l'an* 1919. Paris, Imprimerie nationale, 1918; 3 fasc. 14cm.

Service hydrographique de la Marine. *Recueil des corrections de Cartes.* Partie B : Côtes des mers d'Europe ne figurant pas dans la Partie A, côtes ouest et sud d'Afrique, îles éparses de l'océan Atlantique, état au 1er janvier 1918. Paris, Imprimerie nationale, 1918; 1 fasc. 23cm.

La marine de commerce, par E. Bertin. (Extrait du *Bulletin*, de juillet-août 1918, de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.) Paris, 1918; 1 fasc. 27cm,5.

La documentation technique et industrielle, par le Général Sebert. (Extrait du *Génie civil* des 25 mai et 1er juin 1918.) Paris, 1918; 1 fasc. 23cm.

La Préhistoire du Caducée, par le Dr Marcel Baudouin. (Extrait de la *Médecine internationale illustrée*). Paris, Imprimerie de la Bourse du Commerce, 1918; 2 fasc. 25cm.

Triangométrie, par JOSEPH BINON. Paris, Ch. Béranger, 1916; 1 fasc. 17^{cm}.

The engineering profession fifty years hence, by Dr J.-A.-L. WADDELL. Lancaster, Pa., the new era printing Company, 1918; 1 fasc. 25^{cm}.

Smithsonian Institution United States National Museum. *Report on the progress and condition of the united states national Museum for the year ending june 30, 1917*. Washington, Government printing Office, 1918; 1 vol. 23^{cm}.

Archæological Survey of India, new imperial series, vol. XL. *The astronomical Observatories of Jai Singh*, by G.-R. KAYE. Calcutta, Government printing, 1918; 1 vol. 33^{cm},5.

Nineteenth annual report of the Michigan Academy of science, prepared under the direction of the council by G.-H. COONS. Lansing, Wynkoop Hallenbeck Crawford Co, 1917; 1 vol. 23^{cm}.